La ingeniería civil en México, 1900-1940

Análisis histórico de los factores de su desarrollo

Raúl Domínguez Martínez

historia de la educación
iisue

Dependencia y subdesarrollo han sido marcas indelebles en la historia científica y tecnológica de México. en donde muy contados ámbitos escapan a esas limitaciones; la ingeniería civil es uno de ellos. ¿Cómo tuvo lugar esta trayectoria atípica que dotó a esa rama del conocimiento del instrumental teórico y práctico indispensable para engarzarse a cabalidad en la creación de infraestructuras locales? Mediante el seguimiento de iniciativas que culminaron con el despliegue constructivo de obras de irrigación y carreteras entre 1900 y 1940, *La ingeniería civil en México*... estudia las principales causas del fenómeno: la transformación económica emprendida por Díaz y los primeros gobiernos revolucionarios; la actualización de instituciones educativas; las experiencias de vinculación entre trayectoria escolar y experiencia directa en obras; la investigación tecnológica abocada a problemas locales; el desarrollo de campos que operan como ciencias auxiliares; el roce continuo con el conocimiento y la comunidad internacional del ramo, y las iniciativas individuales y, sobre todo, colectivas. Se trata de una conjunción de factores que lograron sobreponerse a las determinaciones históricas que mantienen a México en una desventajosa posición. Este libro dejará al lector una serie de interrogantes y conclusiones de gran calado respecto a temas centrales como la educación superior, el desarrollo de la ciencia y la tecnología y las articulaciones de éstos con la planta productiva.

La ingeniería civil en México, 1900-1940

Análisis histórico de los factores de su desarrollo

Raúl Domínguez Martínez

iisue

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación
México, 2013

Esta ficha catalográfica corresponde a la versión impresa de esta obra

Domínguez Martínez, Raúl, autor
La ingeniería civil en México, 1900-1940 : análisis histórico de los factores de su desarrollo / Raúl Domínguez Martínez.
418 páginas. -- (IISUE historia de la educación)
ISBN 978-607-02-4384-4
1. Ingeniería civil -- México -- Historia. I. Título
TA28.D65 2013

Coordinación editorial
Dolores Latapí Ortega

Edición
Juan Leyva Cruz

Diseño de cubierta
Diana López Font

Primera edición: 2013

DR © Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación
Centro Cultural Universitario, Ciudad Universitaria,
Coyoacán, 04510, México, D. F.
http://www.iisue.unam.mx
Tel 56 22 69 86
Fax 56 65 01 23

ISBN: 978-607-02-4384-4

Esta obra está registrada ante el indautor por la el iisue de la unam. Se puede utilizar para fines académicos y educativos, no lucrativos ni comerciales. Al utilizarla, total o parcialmente, por favor otorgue el crédito correspondiente y no olvide citar el URL así como su fecha de consulta. Crea tu propia obra, evita el plagio.

Impreso y hecho en México

9 **Introducción**

21 **I. La ingeniería civil en los albores del siglo XX**
22 La intervención del Estado
29 Hacia la excelencia en la formación del ingeniero civil
41 Los contenidos de la enseñanza
50 La profesionalización de la ingenieria civil
59 Innovaciones y actualizaciones en materia de ingeniería civil
69 La práctica de la ingeniería civil

91 **II. El papel del Estado en el desarrollo de la ingeniería civil**
92 El nuevo régimen: perspectivas para el desarrollo de la ciencia
105 La ingeniería civil durante la Revolución
115 El triunfo del constitucionalismo, la configuración de un nuevo programa nacional y el papel de la ingeniería
125 Los dispositivos intitucionales
138 Hacia la nacionalización de la ingeniería civil
149 El financiamiento de la infraestructura

173 **III. La formación de los ingenieros**
174 La enseñanza de la ingeniería civil en la Universidad Nacional
184 Planes y programas de estudios
209 La matrícula escolar
221 El personal docente y los libros de texto
235 Las asociaciones gremiales

257 **IV. Hacia un nuevo paradigma constructivo: el concreto armado**
258 Las rutas de adopción del cemento Portland
277 Las áreas de aplicación del concreto
315 Los otros materiales: bituminosas para carreteras y acero estructural para edificios y puentes

335 **V. Investigación básica y desarrollo tecnológico**
336 Los laboratorios
354 La ingeniería civil como interfase
375 Las publicaciones especializadas

385 **Conclusiones**

391 **Anexos**
393 Anexo I. Planes de estudio para la carrera de ingeniero civil 1915, 1928 y 1935
395 Anexo II. Escuela Nacional de Ingeniería. Relación del personal designado para prestar servicios durante el año de 1939. Nombramiento, asignatura, grupo y horas por semana
400 Anexo III. Fragmentos del texto del ingeniero Rodolfo Ortega, "Las construcciones que lleva a cabo el gobierno de México"
402 Anexo IV. Fragmentos del texto del ingeniero Francisco Gómez Pérez, "La ingeniería civil en México"

407 **Fuentes consultadas y siglas**
407 Siglas
408 Fuentes primarias
411 Fuentes secundarias

Debido a circunstancias históricas complejas, el desarrollo de la ciencia y la tecnología en México presenta rezagos e insuficiencias considerables si se coteja con los estándares internacionales que han marcado las sociedades industrializadas. De hecho, las actividades científicas y tecnológicas no sólo se han mantenido a la zaga desde hace varios siglos, sino que han evidenciado una doble característica simultánea de dependencia y subdesarrollo. Resulta incuestionable que tales características constituyen un reflejo de las condiciones histórico-estructurales que han marcado el devenir de la sociedad mexicana desde hace 500 años, y tienen su raíz en el efecto de la colonización; efecto combinado, si se analiza tanto desde una perspectiva externa, por la posición en el marco de la división internacional del trabajo, como interna, por las condiciones sociales, económicas y culturales que han prevalecido desde entonces y han impedido un replanteamiento y un reposicionamiento dentro de ese marco.

De esta manera, el devenir de la ciencia y la tecnología domésticas en países como México ha estado signado por situaciones de escaso desarrollo relativo, y por una función de escaso relieve en su acontecer social y económico. Como señala Eli de Gortari en una de las obras pioneras en este campo historiográfico, "en realidad, desde la época en que los antiguos mexicanos quedaron sometidos al coloniaje español, nuestras contribuciones a la ciencia han sido escasas".[1] Los elementos que intervienen para definir esa condición de atraso son

1 E. de Gortari, *La ciencia en la historia de México*, p. 11.

múltiples, y desde luego encuentran su cabal explicación en la historia. En un estudio publicado hace ya varios años, fueron enumeradas las siguientes características:

> sin entender las dificultades debidas a la naturaleza de las relaciones económicas internacionales entre los países desarrollados y los países en desarrollo, es posible afirmar que entre las causas más importantes del nivel relativamente bajo de desarrollo de México se debe incluir la ausencia de modernización política, la deficiente organización social, el sistema educativo pobremente diseñado y el atraso científico y tecnológico.[2]

Una vez asentado lo anterior, el mismo autor apunta que

> el examen detallado de las actividades en ciencia y tecnología reveló que el sistema de investigación y desarrollo [...] enfrenta enormes dificultades: 1) depende de un grado exagerado del desarrollo de la ciencia y la tecnología en los países más avanzados, limitando así su producción, en muchos casos, a actividades imitativas de cuasi-investigación en campos en que se necesita urgentemente investigación y desarrollo nativos, aunque sea tan sólo porque muchos problemas que se originan en el contexto del subdesarrollo son diferentes de aquellos que se presentan en las sociedades desarrolladas; 2) los recursos financieros disponibles en lo interno para investigación y desarrollo son inadecuados en comparación con los suministrados por los países industrializados [...]; 3) el sistema de ciencia y tecnología no cuenta ni con la cantidad ni con la calidad de recursos humanos requeridos; 4) la concentración geográfica e institucional de las instituciones de ciencia y tecnología es excesiva; 5) la distribución funcional de los gastos en investigación y desarrollo es deficiente [...]; 6) la mayoría de las instituciones en investigación y desarrollo adolecen de un cuerpo crítico de investigadores [...]; 7) el desarrollo de la ciencia y la tecnología es muy desequilibrado en cuanto a sectores y disciplinas [...], y 8) no hay vínculos permanentes entre

2 M. S. Wionczek, "La planificación científica y tecnológica en México y su pertinencia para otros países en desarrollo", en F. Sagasti y A. Araoz (comps.), *La planificación científica y tecnológica en los países en desarrollo. La experiencia del proyecto STPI*, pp. 167-168.

el esfuerzo de investigación y desarrollo y los sistemas educativos y productivos.[3]

Si bien estas consideraciones se refieren a épocas más recientes a las que atiende el presente estudio, hay que decir que con mucha mayor razón se aplican al pasado.

Es preciso enfatizar que lo anterior no significa en forma alguna la inexistencia de actividades científico-tecnológicas gestadas con recursos propios. La creencia de que estas actividades parten de un pasado muy reciente deriva tal vez de la todavía pobre producción historiográfica especializada: "el estudio de la práctica científica y de sus instituciones no ha recibido la atención que merece por parte de los historiadores de la ciencia, a pesar de que la ciencia moderna y sus instituciones seminales fueron concebidas y materializadas en el país desde el siglo XIX".[4] Sin embargo, los avances en el esfuerzo de investigación dedicado a este campo han evidenciado una presencia ininterrumpida de protagonistas y de instituciones comprometidas con esta faceta del acontecer social, algunos de ellos con logros notables.

Resulta claro que, por regla general, los desempeños locales en materia de ciencia y tecnología no alcanzan a rebasar los linderos académicos y que carecen de articulaciones funcionales hacia otras áreas de la actividad social, además de practicarse con recursos muy escatimados. No obstante, existen casos de excepción que se contraponen a lo antes dicho. Son casos en los que se han conjugado, de forma extraordinaria —si por ello entendemos lo que se aparta de lo ordinario—, factores que inciden en un impulso considerable de una determinada disciplina. Son factores heterogéneos que, desde luego, incluyen la capacidad vocacional de los protagonistas, pero que la rebasan en cuanto suman variables que se encuentran al margen de la vida académica. Ése es el caso de la ingeniería civil. Se trata de fenómenos complejos, multifactoriales.

3 *Ibidem*, pp. 169-170.

4 J. J. Saldaña, "Introducción. Historia de las instituciones científicas en México", en *La Casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*, pp. 26-27.

En efecto, la ingeniería civil se ha ubicado como una disciplina que ostenta un elevado desarrollo relativo. El primer elemento que habría que destacar se refiere al hecho de que la ingeniería civil devino en una práctica productiva. No permaneció aislada —como en la mayoría de los otros casos de ciencia y tecnología— en la mera consideración teórica y en reductos académicos, sino que trascendió hacia aplicaciones prácticas localizadas fuera de la academia y dentro del terreno productivo. Se convirtió, por decirlo así, en una actividad necesaria en la vida social y económica de la nación, y —además— rentable.

Esta característica fundamental se halla relacionada con varias otras importantes; pero en lo que se refiere a la esfera de lo epistémico, es determinante en cuanto a que la misma práctica y los imperativos derivados de ella fueron planteando nuevas exigencias que no estaban contempladas en la teoría. Es decir que, al devenir en aplicaciones concretas que la circunstancia nacional estaba exigiendo, la ingeniería civil entró en una dinámica en la que rebasó sus propios contenidos teóricos, que serían corroborados en programas de construcción cada vez más ambiciosos, los que a su vez demandaban soluciones teóricas cada vez más complejas y novedosas.

Es incuestionable que para configurar esa dinámica fue necesario el concurso de diversos actores y factores, muchos de ellos localizados fuera de los ámbitos propiamente dichos de la ingeniería civil. Me refiero a una conjunción de variables tanto endógenas como exógenas que tipifican este fenómeno como complejo, particularmente porque se produce en condiciones de contexto atípicas, si se toma como referente el contexto en el que se han desarrollado las grandes tradiciones científicas.

Así, el objetivo central de mi trabajo ha sido exponer y explicar las condiciones y las maneras en que la ingeniería civil mexicana alcanzó el nivel de maduración que la distingue. Por esta razón, los cortes cronológicos de la investigación fueron definidos en atención a los diversos periodos y circunstancias en que se gestaron y concurrieron las variables que intervinieron en el proceso, y a las articulaciones funcionales entre ellas. De forma por demás sumaria —y por lo tanto imprecisa— esta conjunción entre el periodo y la forma en

que tales variables interactuaron aparece integrada por los siguientes elementos: 1) la existencia de un espacio académico —la Escuela Nacional de Ingeniería— en donde se cultiva la disciplina; 2) la existencia de agrupaciones gremiales que inciden en la profesionalización de la disciplina; 3) la aparición de materiales —particularmente el cemento Portland— y de artefactos como el automóvil, que abren y exigen nuevas posibilidades constructivas; 4) la configuración de un programa nacional que puso énfasis en la creación de infraestructura, derivado de imperativos políticos que resultaron de la gesta revolucionaria; 5) la voluntad política para emprender una etapa constructiva por parte del gobierno federal, que había entrado en la segunda década del siglo en un proceso de consolidación; 6) la disponibilidad de recursos pecuniarios; 7) la dinámica de un proceso académico acaecido en el seno de la Universidad Nacional, que impulsó un tránsito de formación predominantemente teórica hacia una formación práctica; 8) la creación de organismos públicos de corte nacionalista que dieron viabilidad al desarrollo de la infraestructura; 9) la creación de empresas dedicadas a la construcción, y 10) la interacción de todos estos elementos. Casi todos los temas fueron subdivididos.

Semejante complejidad en cuanto a cantidad y variedad de los factores que intervinieron para explicar el desarrollo de la ingeniería civil en México en la primera mitad del siglo XX, determinó un tratamiento singular, por lo que se optó por una separación temática, y se sacrificó en cierta medida la visión diacrónica. Ritmos diferenciados y procesos de fuerte peso específico que sólo intervinieron de manera tangencial —pero determinante— en el desarrollo de la ingeniería civil obligaron a practicar un tratamiento en donde se conjugan todas las variables sólo de manera conclusiva, luego de haber tenido que seguir las pistas respectivas por separado a lo largo de toda la obra. El papel del Estado —que no se limita a las decisiones del gobierno federal— resulta fundamental en la explicación del fenómeno, a grado tal que sin su intervención activa simplemente no se explicaría el fenómeno; sin embargo, es de primerísima importancia contemplar las razones de fondo que determinaron una voluntad política en ese sentido, para mostrar la resultante como un efecto de un imperativo

histórico, y no como si se tratara de una opción que pudo haberse tomado en cualquier otra dirección, y a favor —o en contra— de cualquier otra disciplina científica. En esta perspectiva me pareció conveniente analizar el comportamiento histórico del Estado en el tránsito que va del porfiriato a los gobiernos posrevolucionarios, lo que hizo necesario abrir un apartado temático cuya lógica diacrónica no se corresponde con la de la ingeniería civil. Mi propósito fue el de hacer converger en las conclusiones esas variables heterogéneas, previamente argumentadas y respaldadas dentro de su propia especificidad.

Creo, en cualquier caso, que el presente trabajo ofrece nuevas luces sobre las maneras y las condiciones en que se hace factible el desarrollo sólido de una actividad científica y tecnológica en un país como México. Es un caso singular en diversos sentidos, pero de forma particular —por el nivel de desarrollo alcanzado como disciplina científica, y por los efectos concretos de su ejercicio— no podría explicarse cabalmente la historia contemporánea de México sin atender a la historia de su infraestructura, y ésta no podría explicarse sin referencia a la evolución de la ingeniería civil. La importancia historiográfica del tema parece —en efecto— no requerir mayor justificación: aporta en la esfera de la historia de la ciencia y la tecnología, no sólo como reconstrucción, sino como análisis de las condiciones necesarias para gestar un fenómeno semejante, y aporta a la historia contemporánea, por la relación y el impacto que el desarrollo de la infraestructura guarda en el acontecer económico y social del país.

En consecuencia, la presente investigación se sujetó a los lineamientos y a los supuestos teóricos de la "historia social de la ciencia". Al tomar distancia definitiva de una noción lineal y acumulativa de la historia de la ciencia y la tecnología, lo que se está ponderando es la explicación de un acontecimiento científico y tecnológico en términos de un producto social e históricamente determinado, que —por ello mismo y de manera indubitable— se explica cabalmente a partir de referentes contextuales. En contraste con una visión metahistórica, aquí lo que está operando en la configuración del eje explicativo es un conjunto de variables de índole diversa que se conjugan en circunstancias específicas y que son las que determinan

el desarrollo —en este caso— de la ingeniería civil. Se trata, en suma, de explicaciones que son relativas a su propio contexto.

Esta perspectiva ha venido cobrando fuerza en la historiografía latinoamericana, principalmente a partir de la fundación de la Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, ocurrida en la ciudad de Puebla, México, en 1982. Los trabajos de investigación y las propuestas metodológicas que de ellos han derivado han puesto de relieve el hecho de que el acontecer científico y tecnológico local —aunque subordinado en múltiples aspectos al de las economías más desarrolladas— obedece a su propia lógica. Juan José Saldaña ha establecido que "no es posible concebir la evolución científica de las regiones periféricas únicamente como el resultado de una *inyección* o de una brusca y rápida introducción de ciencia y técnica, sin tomar en cuenta los factores locales, que constituyen normalmente la condición *sine qua non* de la mundialización de la ciencia".[5]

De esta manera, los resultados de una primera aproximación empírica al tema de la ingeniería civil en México revelaron que la figura central en este proceso particular fue el Estado. Se trata en efecto de una decisión de Estado en el marco de una renovación del sistema político, económico y social, entendiendo aquí por Estado la definición más amplia, como el conjunto de instituciones públicas que permiten la gobernabilidad de la colectividad comprendida en un mismo territorio. Por ello, el contenido explicativo de tal decisión deberá partir de una caracterización del programa nacional con el cual el nuevo Estado se encontró comprometido y dentro del cual el imperativo de desarrollo de la infraestructura cobró sentido y viabilidad. De esta manera, la propuesta de periodización que me permití formular consta de tres secciones en las que la dinámica del Estado —antes, durante y después de la Revolución— se articula con el acontecer relativo al campo de la ingeniería civil, hasta alcanzar la etapa de consolidación en la década de los años treinta.

La hipótesis principal del trabajo es la siguiente: el desarrollo de la ingeniería civil en México durante las primeras décadas del siglo XX

5 J. J. Saldaña, "Teatro científico americano. Geografía y cultura en la historiografía latinoamericana de la ciencia", en *Historia social de las ciencias en América Latina*, p. 29.

obedeció a un proceso en el que participaron diversas variables de carácter endógeno y exógeno, relacionadas en general y principalmente con la acción del Estado, perfilada en la perspectiva de un proceso de acumulación que tenía como base la creación de infraestructura, la cual fue desplegada en más de una vertiente: como patrocinador de una entidad académica especializada; como estructurador del proceso; como empleador y constructor; como enlace articulador entre el sector público y el privado, y como ejecutor de un programa ambicioso de inversión en obras de infraestructura, además de lo que tiene que ver con el financiamiento. Esta acción del Estado se explica, por un lado, en función de las nuevas condiciones de acumulación de riqueza configuradas en el cambio de régimen y a consecuencia de las directrices impuestas en y por la gesta revolucionaria, que se combinaron con una vertiente ideológica de corte nacionalista; y, por el otro, en función del surgimiento y disponibilidad de nuevas técnicas y materiales, de forma destacada el cemento Portland.

En términos concretos, el momento determinante en este proceso se refiere a la creación de las comisiones nacionales de Irrigación y de Caminos, decisiones cupulares del gobierno federal, pero que se insertan, en un panorama más amplio, como acciones de Estado que participan en forma importante en la configuración del proyecto de nación.

En efecto, los programas de construcción de carreteras, por un lado, y de presas y obras de riego por otro, fueron las dos palancas de impulso decisivo para el desarrollo de la ingeniería civil. Este núcleo principal impactó en diversas magnitudes otras esferas relacionadas, que van desde el desarrollo de disciplinas científicas auxiliares, como geología, mecánica de suelos, geografía, etcétera, hasta el de campos relacionados con la gestión administrativa y organizativa. Naturalmente, otras ramas de la ingeniería civil acusaron también un estímulo importante.

Son dos las conclusiones centrales que se derivaron del curso de la investigación y del análisis de las variables que fueron consideradas, conclusiones que, por cierto, avalan la perspectiva teórica asumida para este trabajo; esto, en la medida en la que parece claro que sin los referentes de contexto sencillamente no se accedería a una

explicación cabal del proceso. Las dos conclusiones se pueden expresar de la siguiente manera: 1) el desarrollo de la ingeniería civil en su doble aspecto cuantitativo y cualitativo se hizo factible en la medida en que esa actividad científico-tecnológica se fue articulando de forma eficiente con el aparato productivo y desembocando en una interacción recíproca; 2) el gestor fundamental de ese proceso fue el Estado.

Desde luego, existe un buen número de hipótesis secundarias y de conclusiones secundarias que se relacionan con las variables heterogéneas que se consideraron para acabalar la explicación: la existencia de espacios académicos especializados; la acumulación de saberes y habilidades y la investigación original; la canalización de recursos financieros; la configuración de aparatos organizacionales y administrativos para respaldar grandes empresas constructivas; la disponibilidad de materiales y maquinarias adecuadas; la colaboración internacional, etcétera. Creo que todos estos aspectos quedarán expuestos a lo largo esta obra.

La organización de la investigación —teniendo en cuenta que la perspectiva empleada resultaba inédita para este tema y para este periodo— hubo de transitar en varias ocasiones de las formulaciones hipotéticas a los datos empíricos, y viceversa, a fin de ir ajustando el esquema explicativo y ordenando los datos. Primero fueron revisadas las fuentes secundarias disponibles, y localizados los repositorios de fuentes primarias. Uno de los primeros hallazgos fue constatar la existencia de una cantidad abundante de fuentes, tanto primarias como secundarias. Este fenómeno no hubiera llamado tanto mi atención si los límites cronológicos de la investigación se hubiesen establecido para dar cuenta de las etapas de consolidación posteriores a las fechas límite de mi trabajo, que en realidad contempla las etapas formativas. Pero, en efecto, la información es copiosa y abarca bibliografía, fondos documentales y, de manera destacada, colecciones hemerográficas.

Las colecciones documentales que resultan de mayor pertinencia para reconstruir la historia de la ingeniería civil hasta 1940 se encuentran concentradas en los siguientes archivos: Palacio de Minería; General de la Nación; Histórico de la UNAM y Plutarco Elías Calles y Fernando Torreblanca. La Hemeroteca Nacional cuenta

con una importantísima colección de revistas sobre ingeniería, que se encuentran registradas en la bibliografía, y de las cuales quiero sólo mencionar dos fundamentales: los *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México* y la *Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*. La prensa diaria aporta lo suyo también, particularmente con la aparición de la sección dominical del periódico *Excélsior* destinada a las construcciones, que más tarde derivó en la Sección de Arquitectura, Terrenos y Jardines, con el patrocinio de la Sociedad de Arquitectos Mexicanos.

Sobre la fuentes secundarias hay que señalar que también existe un buen número de ellas, lo que en cierta forma contrasta con lo que ocurre en otros temas y otras disciplinas de historia de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, lo primero que hay que destacar es que ninguna de ellas —al menos de las que yo tuve conocimiento— tiene como propósito el análisis y la explicación de las causas y las maneras particulares de desarrollo de la ingeniería civil en México. Es decir, no se ocupan del estudio de las condiciones históricas concretas que dieron lugar a dicho fenómeno, y se limitan por lo general a relatos cuantitativos. De hecho, la historiografía especializada presenta un salto —salvo contadas excepciones— entre el porfiriato y la década de los treinta, y deja sin atención el periodo en el que se consolidaron las circunstancias que iban a permitir el desarrollo posterior de la ingeniería civil.

Se cuenta, desde luego, con excelentes trabajos monográficos cuyos propósitos no coinciden con los de la presente investigación, pero que constituyen aportes centrales para la visión que aquí me propuse; el primero de ellos es el texto ya clásico de Mílada Bazant, *La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfiriato*, que abrió las puertas para el estudio de la formación profesional de los ingenieros. En la misma perspectiva se ubica el trabajo coordinado por María de la Paz Ramos Lara y Rigoberto Rodríguez Benítez, *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*.

Sobre el desarrollo de la infraestructura existen trabajos como el de Priscilla Connolly, *El contratista de don Porfirio*, y el de Manuel Perló Cohen, *El paradigma porfiriano. Historia del desagüe del Valle de México*; se trata de investigaciones muy bien documentadas que

permiten una visión clara de esos aspectos. El estudio de Federico de la Torre, *La ingeniería en Jalisco en el siglo XIX. Génesis y desarrollo de una profesión,* constituye un buen ejemplo de la perspectiva regional. Más escasos son los trabajos dedicados a las etapas posteriores a la primera década del siglo; un ejemplo es el de Rebeca de Gortari, *Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la Revolución Mexicana*.

Los textos que ofrecen una visión panorámica del tema —aquellos que comprenden las diversas etapas históricas que abarca el presente trabajo— son en realidad escasos y se circunscriben a relatos descriptivos sin mucho análisis y sin afán alguno de explicar causas. Un ejemplo de estos es el del Colegio de Ingenieros Civiles de México: *La ingeniería civil mexicana. Un encuentro con la historia*.

Hay que agregar que el tema del papel del Estado en la promoción de la ciencia en México se ha venido analizando en el Seminario de Historia de la Ciencia que dirige Juan José Saldaña en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Este esfuerzo ha incidido en el desarrollo de una metodología y de varios estudios de caso, la mayoría aún inéditos.

En fin, creo que el trabajo de investigación que aquí presento resulta innovador en cuanto al propósito de escudriñar en el contexto histórico para dilucidar las causas y las maneras en que el desarrollo de la ingeniería civil tuvo lugar en esos años, y analizar una realidad compleja que incluye variables de índole diversa. De igual manera —y precisamente como resultado de la complejidad mencionada— esta investigación aporta una buena cantidad de datos frescos. Son datos de muy diverso orden pero en todos los casos concurren a favor de la explicación central. Desde luego la originalidad de la información se centra en la cuestiones torales de la ingeniería: formación profesional; instituciones y agrupaciones; actividad constructiva; investigación original, etcétera. Por lo mismo, la gran mayoría de los datos que corresponden a este universo temático fueron obtenidos de fuentes primarias.

I. LA INGENIERÍA CIVIL EN LOS ALBORES DEL SIGLO XX

Como en muchos otros aspectos del México que se edificó después de la Revolución, la ingeniería civil que se desarrolló a lo largo de, por lo menos, las primeras décadas del siglo XX, tuvo sus bases de sustentación en el régimen de Porfirio Díaz. Durante este periodo se colocó —en efecto— una base de cimentación que apoyaría la importante evolución que esta disciplina registraría más tarde.

Los elementos que integraron la mencionada cimentación fueron escasos, pero relevantes para la dinámica posterior; fundamentalmente se centraron en la formación profesional de los ingenieros, y en la acumulación de saberes especializados dentro de un espacio académico constituido por la Escuela Nacional de Ingenieros, la cual contó con el apoyo del gobierno federal.

Se trata —de manera sumaria— de la formación de una espisteme y de una masa crítica, a lo cual coadyuvaron otros elementos externos a la academia, como fue la existencia de una organización gremial y la eventual participación en algunas de las obras más importantes de infraestructura durante el porfiriato, como la construcción de puertos, ferrocarriles y, en particular, el desagüe del Valle de México.

Es preciso señalar que esta incipiente práctica en torno a lo que podríamos llamar ingeniería mexicana estuvo limitada de forma severa por dos circunstancias que se combinaron: la marcada preferencia de la administración pública por los conocimientos y las tecnologías extranjeras, y la virtual inexistencia de empresas constructoras locales con capacidad para construcciones ambiciosas, lo

que a su vez determinó que sólo de manera esporádica y en contados casos, los ingenieros mexicanos asumieran funciones protagónicas como empleados de los grandes contratistas foráneos, confinándose entonces a la edificación de obras menores, especialmente de casas habitación.

De manera simultánea la función del Estado[6] como estructurador del proceso se pone de relieve: la incapacidad estructural de la iniciativa privada doméstica para emprender por su cuenta e incluso participar de manera significativa en los grandes proyectos de infraestructura, únicamente puede ser compensada por la acción del Estado. A su vez, el Estado asume la promoción de ciencia y tecnología en la medida en que éstas se constituyen en factor de gobernabilidad, como ocurrió con el caso de la ingeniería civil.

La intervención del Estado

El desarrollo de la ingeniería y los niveles evidenciados en algunas de sus ramas,[7] en las postrimerías del siglo XIX y los albores del XX, fueron la resultante de una serie de condiciones específicas que podemos ubicar dentro de dos grandes causales, articuladas entre sí, pero cada una con distinta dinámica y perspectiva: por un lado, la tradición acumulada desde —al menos— la fundación del Cole-

6 Dentro de los diversos enfoques que presenta la categoría *Estado*, en el presente texto será empleada en su sentido más general, como conjunto de instituciones públicas a través de las cuales se ejerce la gobernabilidad de una comunidad comprendida dentro de un territorio. Esta connotación supone, claramente, la existencia de estructuras de poder de carácter jurídico y administrativo que se diferencian de las *modalidades* de gobierno por sus rasgos esenciales y por su permanencia, de donde se sigue que, para efectos del tema que nos ocupa, se puede distinguir entre un *Estado* anterior a la Revolución y un *Estado* posterior, que presenta —en efecto— distintas formas de gobierno. Parece conveniente, para el manejo del papel del Estado en la etapa de consolidación de la ingeniería civil, la definición propuesta por Habermas como *Estado de bienestar*, que tendría como objetivo la prevención de los conflictos sociales y la estabilidad del sistema a través de la oferta de servicios y prestaciones, al tiempo que preserva las condiciones de una determinada correlación de fuerzas.

7 Los casos de las carreras de Ingeniero Industrial e Ingeniero Electricista no sólo evidenciaban escaso desarrollo sino escasa demanda, acaso por tratarse de ramas de desarrollo muy incipiente en el proceso de industrialización.

gio de Minería en 1792 y las profesiones de fe ilustrada de la Casa Borbón, que redituaron, no sólo en las colonias, sino en la metrópoli incluso, una vía de acceso restringida a la actividad científico-técnica en términos de una *modernidad* impuesta como paradigma por las naciones de la vanguardia capitalista en la vertiente ilustrada; y, por otro lado, los imperativos de carácter político-económico que cobraron vigencia durante el porfiriato, y que aun cuando de hecho fungieron como sistema de apuntalamiento para preservar la dictadura, lograron un impacto efectivo en el ámbito de diversas disciplinas científicas. Atendiendo a estos dos contextos de origen, resulta evidente la existencia de un común denominador, que no es otro que el del papel activo de un Estado y de sus respectivos requerimientos de legitimación. Por circunstancias históricas particulares, la entrada en escena del Colegio que se transformaría en Escuela Especial durante el gobierno de Juárez[8] favoreció el desarrollo de ingenierías ligadas a la producción minera, mientras que esta misma institución, retomada y fortalecida por la administración de don Porfirio, habría de solventar su desarrollo por las actividades ligadas a las áreas de ingeniería civil e ingeniería hidráulica. Un trabajo de reciente aparición presenta, en este sentido, la siguiente conclusión:

> Durante el siglo XIX el gobierno mexicano promovió los estudios técnicos, lo que produjo la creación de nuevas instituciones, profesiones y cursos vinculados con la ingeniería, e inclusive con las ciencias exactas. En este terreno, el Colegio de Minería —después transformado en Escuela Nacional de Ingenieros— tuvo una proyección relevante, no sólo en las escuelas de ingeniería, sino también en aquellas donde los cursos de ciencias exactas eran indispensables.[9]

Hacia 1874, antes de la ascención de Díaz al poder, la vitalidad del antiguo Colegio languidecía, a tal grado que se estimó la conve-

8 Iniciativa del ingeniero Blas Balcárcel, quien había acompañado a Juárez desde antes del triunfo liberal.

9 M. P. Ramos Lara y R. Rodríguez Benítez (coords.), *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, p. 43.

niencia de cerrar sus puertas y enviar a los estudiantes mexicanos con esa vocación al extranjero.[10] La indiscutible ventaja de contar ya con una institución de trayectoria reconocida, en la perspectiva de un gobierno de mano fuerte dispuesto a "introducir" al país ciertas modalidades que marcaban entonces el ritmo del progreso en el orbe, determinaría, sin embargo, que la enseñanza de las ingenierías fuese revitalizada. Así se conjugaron pronto las labores de un centro de enseñanza especializada con las de las entidades encargadas de las obras públicas, y dio comienzo en México una etapa de auge en lo que respecta a la creación de infraestructura y, por ende, al desarrollo de la ingeniería.

En efecto, la relación entre los diversos factores de este doble objetivo adquirió rango de concreción en una situación en donde lo determinante sería el papel que el Estado jugó. En ambas vertientes la acción oficial resultó decisiva para explicar tal auge, el que, por lo demás, dio lugar a un caso de excepción en la historia de la ciencia o la tecnología mexicanas. Se trató, sin ninguna duda, de una de las modalidades del proyecto modernizador con las que el Estado, en forma más o menos recurrente, ha procurado paliar la ausencia de condiciones estructurales para el desarrollo de un esquema capitalista autónomo, adoptando e impulsando alguno de los rasgos que participan en la definición del capitalismo metropolitano. En suma, podemos afirmar que la mencionada intervención oficial fue desplegada en dos terrenos que resultaron concomitantes y que interactuaron entre sí: el apoyo a instituciones académicas relacionadas directamente con la ingeniería y en particular con la formación de ingenieros, y el fomento a la obra pública, de manera especial a la creación de infraestructura. Los mecanismos operados dentro de cada una de estas dos esferas, así como sus respectivos ejes de articulación, constituyen el punto de arranque necesario para explicar la situación y la evolución de la ingeniería civil en esta etapa inicial.

10 M. Bazant, "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfiriato", *Historia Mexicana*, vol. 33 (1984), núm. 131, pp. 254-297, p. 254.

Atendiendo a esa directriz marcada por la intervención del Estado, se debe tener en cuenta que uno de los principios rectores de la administración porfiriana estuvo inspirado en una peculiar noción de "progreso". Semejante ideología serviría desde luego para apuntalar la cohesión social reclamada por el sistema, al mismo tiempo que para legitimar la práctica de gobierno. En este aspecto coincide lo observado por muchos autores, como Enrique Krauze, quien define la era de Díaz como la "era del progreso material",[11] o el ya clásico autor de *El Porfirismo*, quien señala que "la ilusión de progreso se despierta al igual en el individuo que en el Estado".[12] En todo caso, así se explica la decisión de la dictadura a favor de la realización de grandes obras, entre las que destacan la red ferroviaria o la construcción del desagüe en la ciudad de México, y el impacto directo de ello en el ámbito de una actividad científica y profesional.

Resulta conveniente tener en cuenta la matriz filosófica original con la que estaba comprometida esta ideología política del gobierno de Díaz, ya que el *ethos* del programa filosófico de Comte tendía a la ponderación de una práctica avalada por una actividad científica. La versión doméstica[13] de la propuesta francesa facilitó en efecto la relación teoría-práctica en el campo de la ingeniería, merced a esa peculiar validación de la ciencia y su consiguiente aplicación. Como anota Leopoldo Zea, "los positivistas habían puesto el acento en lo material, considerándolo como algo permanente, a diferencia del mundo que llamaban de las ideas puras, en las cuales se habían apoyado generaciones anteriores".[14] Así, la consigna de *orden y progreso* había logrado permear la conciencia de los mexicanos de esa época, quienes concibieron el progreso industrial como instrumento de orden social.[15]

11 *Cfr.,* por ejemplo, E. Krauze, *Porfirio Díaz, místico de la autoridad*.

12 J. C. Valadés, *El Porfirismo. Historia de un régimen. El nacimiento, 1876-1884*, p. 65.

13 Empleo aquí el adjetivo "doméstico" para marcar las diferencias de matiz y de interpretación entre la versión original del positivismo y su versión mexicana.

14 L. Zea, *El positivismo en México. Nacimiento, apogeo y decadencia*, p. 451.

15 *Ibidem*, p. 286.

Uno de los indicadores más fehacientes de esta *puesta de moda* de la ciencia durante el porfiriato está proporcionado por la prensa. Un trabajo más o menos reciente, dedicado a estudiar el concepto de modernidad en el cambio de siglo a través de algunos de los diarios más influyentes de la época, encuentra que los mayores espacios periodísticos estaban ocupados por los asuntos políticos así como por temas de ciencia y tecnología:[16]

> La modernidad se traducía en el terreno de lo concreto a instituciones destinadas al cuidado de la salud; en el de la construcción de grandes obras públicas de utilidad y ornato; en el campo de la eficiencia militar; en el desarrollo de las comunicaciones por aire y tierra; en el culto a la estadística y en la necesidad de reglamentaciones jurídicas; en el descubrimiento del hombre, de sus orígenes, de sus potencialidades; en el desarrollo de las ciencias naturales como la biología, y otras como la química, la física y la astronomía; en la economía y sus leyes, que ofrecían explicaciones sencillas a procesos complejos. Eso y mucho más era la modernidad para cualquier lector de *El Imparcial* o el *Diario del Hogar*, periódicos de amplia circulación cualquier día de 1900. La modernidad era sinónimo de este imaginario social de progreso material, civilización y cultura.[17]

Naturalmente, el alcance de este impulso a favor de la ciencia debe ser bien acotado. Cierto que el acicate de la propuesta comtiana involucró diversas ramas del saber y del hacer. Ahí están los destacados ejemplos de la fundación de la Escuela Nacional Preparatoria, el Instituto Patológico Nacional, las varias comisiones de estudio en ciencia aplicada en geología, astronomía, agricultura, etcétera, y aun el de la iniciativa de creación de una Universidad Nacional, donde la libertad de instrucción sería "el medio legítimo de llegar a nuestra independencia moral y absoluta del pasado [...] fórmula suprema del espíritu analítico de nuestro siglo",[18] Sin embargo, el

16 N. Pérez-Rayón, "México 1900: la modernidad en el cambio de siglo. La mitificación de la ciencia", *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, vol. 18, 1998, p. 43.

17 *Ibidem*, p. 44.

18 J. Sierra, "Libertad de Instrucción", *El Federalista*, 30 de abril, 1875, p. 2.

hecho mismo de que fuese el Estado —y en ausencia de éste nadie más— gestor y sostén de tales iniciativas, apunta a la incapacidad estructural de lo que hoy llamamos *sociedad civil* de generarlas por su propia cuenta.[19] Hay que añadir, además, otro hecho determinante: que el compromiso de la dictadura porfiriana a favor de las ciencias estuvo siempre supeditado a la lógica de reproducción del poder político. Sobre este particular citaré una lúcida reflexión derivada de un estudio sobre las obras de desagüe en el Valle de México, que, como resulta evidente, constituyen uno de los momentos estelares de la ingeniería civil de la época:

> Cuando Porfirio Díaz impulsó la construcción del desagüe no sólo vislumbraba cristalizar una obra material que resolviera problemas específicos, también vio en esa obra la búsqueda de la modernidad, del proceso civilizatorio que México debía recorrer. Pero quizá a diferencia de Fausto, para Díaz el desagüe era una obra redentora. Aquí es donde entra en juego su especificidad mexicana. El desagüe fue una obra redentora para la ciudad y sus habitantes [... con ella] la ciudad de México logró su redención y en esta acción Díaz se redimió a sí mismo de sus excesos y errores.[20]

Como el desagüe, otras obras de gran envergadura le imprimieron un sello distintivo a la dictadura, al tiempo que la justificaban. No se trató, por consiguiente, de una proyección para integrar ciencia y tecnología propias a un proyecto nacional. Se trató, en cambio, de una aplicación discrecional de ciencia y tecnología para dar respaldo a un proyecto político. Acaso las dos circunstancias de mayor peso que sirven para corroborar esta conclusión se refieren al hecho

19 No es éste el lugar adecuado para deliberar acerca de las condiciones históricas de desarrollo de ciencia y tecnología en los parámetros de la tradición occidental, ya que se trata de un problema teórico complejo y no suficientemente dilucidado, pero se podría señalar que, a diferencia de economías como la mexicana, el desarrollo de ciencia y tecnología en los modelos occidentales se verificó en relación íntima y directa con las condiciones particulares de desarrollo de sus propias fuerzas productivas, proceso en donde el papel del Estado se limitó en un principio al apoyo del proceso.

20 M. Perló Cohen, *El paradigma porfiriano. Historia del desagüe del Valle de México*, p. 297.

de que las áreas científicas que fueron beneficiadas con el incentivo —es decir, patrocinadas por el Estado— se redujeron a aquellas que de alguna manera tenían impacto social inmediato y, en cualquier caso, quedaron bajo control directo del Poder Ejecutivo. El campo de las matemáticas resulta muy significativo en esta perspectiva, pues por la función intrínseca que guardan como cimentación de otras ciencias, se supondría prioritario dentro de un programa general de desarrollo científico, y no ocurrió de esa manera.

Lo cierto es que justamente por estas razones, y por otras que se pueden añadir,[21] la ingeniería civil cobró renovado impulso hacia finales del siglo XIX, y logró la continuidad de ese impulso a pesar de la caída del régimen porfirista, merced a la irrupción de otras causales que se combinaron en su favor y que más adelante veremos. Por lo pronto hay que decir, por razones de precisión, que más que la ingeniería en general, fue la ingeniería civil el objetivo que se benefició, área que en cierta forma vendría a desplazar a la tradicional especialización en minas, hasta entonces la de mayor reconocimiento científico y social.

Es necesario precisar el alcance de las anteriores observaciones sobre la intervención del gobierno porfirista en el desarrollo de la ingeniería, pues, aunque de cierto constituyeron la tendencia principal en consecuencia con el régimen de centralización predominante en la historia mexicana, también resulta cierto que una serie importante de esfuerzos de cobertura regional completaron y matizaron esa tendencia dominante. Tal es el caso, de manera destacada, de la ingeniería en Jalisco, que desde los años veinte del siglo XIX comenzó a abrirse paso en sus versiones más incipientes de agrimensura o topografía, hasta la constitución de la Sociedad de Ingenieros de Jalisco en 1869, la creación de la Escuela de Ingenieros de Jalisco en 1883 y, finalmente, la Escuela Libre de Ingenieros de Guadalajara, aparecida en 1902. Estos esfuerzos fueron claramente apoyados no por el gobierno central, sino por las autoridades estatales y por las propias comunidades locales. Aquí, además de otras, se impartió

21 La transferencia neta de tecnología, por ejemplo, resulta menos viable aplicada a condiciones particulares, como sería el caso de la topografía mexicana.

la carrera de Ingeniero Arquitecto, que de muchas maneras era la versión local de Ingeniero Civil.[22]

Hacia la excelencia en la formación del ingeniero civil

Como antes se señaló, uno de los dos ejes fundamentales con los que el Estado dio impulso al desarrollo de la ingeniería civil en México tuvo lugar en la esfera educativa. Tal intervención resultó decisiva frente a un panorama que amenazaba con desaparecer la demanda social de las carreras de ingeniería, según se constata al revisar la situación de la matrícula del Palacio de Minería en los inicios de la dictadura.[23] No fue, sin embargo, una medida sin precedentes, pues ya antes, durante el gobierno de Juárez, el gobierno había decidido actuar en ese mismo sentido: "todas las empresas de ferrocarriles que en la República tengan algunos en construcción, quedan obligadas a recibir, para que hagan su práctica por el tiempo que las leyes prescriben, a los alumnos de las escuelas nacionales que aspiren a obtener el título de ingenieros civiles, o de puentes y calzadas", establecía un decreto presidencial del 25 de noviembre de 1867, en donde además el gobierno se comprometía a costear los gastos de alimentación de los alumnos que "sean acreedores a esa gracia por su buena conducta y notable aprovechamiento".[24]

Esta disposición a favor de articular la enseñanza de la ingeniería civil con la práctica fue reforzada con el porfiriato, y se añadieron otras disposiciones que impactaron de manera positiva el desarrollo del campo. Éste fue el caso de la entrega de becas y el mantenimiento de los servicios de enseñanza superior en forma gratuita, pero sobre

22 Este tema particular se encuentra bien desarrollado en F. de la Torre, *La ingeniería en Jalisco en el siglo XIX*, p. 297.

23 A este respecto, Mílada Bazant dice lo siguiente: "Hacia 1874, el número de estudiantes inscritos era tan bajo que se pensaba cerrar el establecimiento y enviar a los ocho o diez estudiantes que había al extranjero." Art. cit., p. 254.

24 "Decreto de 25 de noviembre de 1867, relativo a la práctica de los alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros en los ferrocarriles de la República", *BIP*, octubre-noviembre, 1909, pp. 552-553.

todo, del reforzamiento de una efectiva interacción entre los desempeños escolares y el ejercicio profesional. Aquí debemos señalar que en estas y todas las demás estrategias promocionales de la disciplina, la intervención del Estado resultó determinante. En efecto, la injerencia oficial en la enseñanza de la ingeniería no se limitaba a dichas instancias, sino que se reservaba discrecionalidad en casi todos los asuntos internos de la institución, al arrogarse la facultad de sancionar en última instancia los nombramientos del cuerpo docente, designar autoridades y ejercer control directo sobre las reformas académicas. Asimismo, las estrategias de vinculación de las actividades de la Escuela con las obras públicas emprendidas por la administración de Díaz constituyeron una política permanente y sostenida, como se puede observar en el siguiente oficio fechado en junio de 1905:[25]

> la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública se ha servido transmitir a esta Dirección [de la Escuela Nacional de Ingenieros], la contestación que al relativo oficio de dicha Secretaría han dado las Secretarías de Comunicaciones y Obras Públicas, la de Fomento y la de Guerra y Marina, diciéndole que se han servido respectivamente librar sus órdenes para que los Directores de obras que se ejecuten en dependencias de las referidas Secretarías, permitan visitar y estudiar esas obras a los Alumnos de esta Escuela que hagan prácticas de Ingeniería Civil e Industrial.[26]

Al finalizar la primera década del nuevo siglo, la Escuela Nacional de Ingenieros era ya una institución consolidada, y habían quedado atrás los días en los que se presentó el riesgo de desaparición. Haciendo alusión al prometedor horizonte de la ingeniería, uno de los ingenieros de la vieja guardia se expresaba de la siguiente manera:

25 La Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes fue creada por decreto el 16 de mayo de 1905, siendo nombrados el primero de julio siguiente como secretario y subsecretario, respectivamente, los licenciados Justo Sierra y Ezequiel A. Chávez.

26 "Circular dirigida a la Dirección de la Escuela Nacional de Ingenieros, junio 19 de 1905", AHPM, 1905, I-282, exp. 7.

> Toca a la generación presente de Arquitectos, unos, y de Ingenieros Civiles otros, con los buenos elementos con que les brinda la situación presente, por la paz, bienestar y sobre todo la riqueza con que se cuenta, ser indulgentes con los viejos y esforzarse por levantar el arte, no dejarlo caer en decadencia.[27]

Así, la dinámica de fomento se mantuvo sin variación, y se sostuvo de forma deliberada la tendencia a la elevación de la matrícula, como se constata en el siguiente reporte de la Escuela Nacional de Ingenieros, relativo al año escolar de 1909-1910:

> El número de alumnos inscritos fue de 230, un 15% más que el año anterior. Se procuró al hacer la inscripción de alumnos, facilitar el acceso a la Escuela, no sólo a los que por dificultades anormales no podían presentar con toda oportunidad su pase de la Escuela Nacional Preparatoria para ser inscritos en debida forma, sino a los que quedando a deber determinadas materias en esa Escuela, podían cursar aquí el primer año profesional y pagar al mismo tiempo las preparatorias que debían.[28]

Vale insistir en que esta mecánica de apoyo oficial favorecía de manera particular a aquellas instituciones denominadas *nacionales*, que eran, dentro del esquema fuertemente centralizado del porfirismo, algo así como las instituciones por antonomasia. El resto de las entidades académicas que formaban ingenieros en el país contaban de cierto con el aval oficial y determinados dispositivos de apoyo, pero el impulso decisivo que benefició a la Escuela Nacional de Ingenieros no tuvo paralelo, aunque desde luego se debe considerar que a ésta se le impuso la obligación de admitir matrícula foránea. A lo largo del siglo XIX habían destacado, junto a ésta, el Colegio Militar, fundado en 1822, y la Escuela Nacional de Agricultura, con

27 Las palabras son de Manuel F. Álvarez, arquitecto e ingeniero civil, egresado de San Carlos y presidente de la Sociedad Científica "Antonio Alzate" en 1905. M. Álvarez, *El Dr. Cavallari y la carrera de ingeniero civil en México*, p. 136.

28 "Reseña de los trabajos de la Escuela Nacional de Ingenieros en el año escolar de 1909-1910", *BIP*, julio-diciembre, 1910, pp. 356-357.

la carrera de Agrimensor y, más tarde, en 1856, la de Ingeniero Mecánico y de Puentes y Calzadas. Mención especial amerita el caso de la Academia de San Carlos, donde el ingeniero italiano Javier Cavallari impulsó un plan de estudios para las carreras de Arquitecto-ingeniero, Agrimensor y Maestro de Obras, que en diversos sentidos fue el precursor —a mediados de siglo— de la concepción moderna de la ingeniería:

> la construcción de caminos de fierro era desconocida en el país, dice uno de los egresados de San Carlos, lo mismo que las obras en los ríos y puertos y la construcción de canales y puentes. A remediar esa falta y a crear constructores en estos ramos, tendieron los esfuerzos de los Señores de la Junta Directiva de la Academia de San Carlos.[29]

Otras instituciones, como la antes mencionada Escuela de Ingenieros de Jalisco, otras más modestas, diseminadas a lo ancho del territorio, o la Escuela Práctica de Metalurgia y Labores de Minas, abierta en Pachuca en 1887 con el declarado propósito de apoyar a la Escuela Nacional de Ingenieros en cuestiones prácticas relativas a "laboreo de minas", completaban el cuadro dominado por la institución capitalina.[30]

En varios sentidos se puede establecer en 1876, mientras todavía se escenificaba la Revolución de Tuxtepec, el corte cronológico con el que da comienzo la nueva etapa de la ingeniería civil. En esa fecha se introdujo una reforma al plan de estudios que habría de marcar una tendencia definida en los años siguientes, privilegiando los contenidos teóricos de conformidad con el modelo francés. Se consideró que, teniendo las diferentes ramas de la ingeniería un mismo tronco científico, era necesario poner énfasis en el estudio de las matemá-

29 M. Álvarez, *op. cit.*, pp. 10-11.

30 José Díaz Covarrubias, en su texto publicado en 1875, señala como lugares donde se enseñaba la ingeniería en México a los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Oaxaca, Querétaro, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas, aparte del Distrito Federal. La mayoría de estos centros cerraron sus puertas antes del nuevo siglo por falta de alumnos. *Cfr.* J. Díaz Covarrubias, *La instrucción pública en México: estado que guarda la instrucción primaria, la secundaria y la profesional en la República*, p. 218.

ticas superiores, así como en la geometría descriptiva, supeditando a ellas la habilitación en aspectos prácticos en el sentido de lo que hoy denominaríamos ciencia aplicada. Asimismo, se impuso el criterio de los saberes enciclopédicos, por encima de una formación por especialidades. Estas características afectaron sin duda a todas las ramas de la ingeniería, pero cabría subrayar que por condiciones muy específicas que guardaban relación con las condiciones concretas del desempeño profesional, relacionadas desde luego con el nivel de desarrollo local de sus respectivas áreas, las carreras de Topógrafo y la de Ingeniero Civil salieron mejor libradas en este aspecto. Un destacado ingeniero de la época se refería al asunto en los siguientes términos:

> sin desconocer yo la notoria competencia de nuestros ingenieros, debida más a sus propios esfuerzos que a la misma escuela, hay que convenir en que por lo general han salido de ella hombres educados exclusivamente en la teoría y para la teoría, etc., pero incapaces para resolver los complicados problemas que surgen de la realidad.[31]

Ese mismo año fueron reformados los estatutos de la más importante de las agrupaciones profesionales de la época: la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, que originalmente sólo albergaba ingenieros civiles y arquitectos, acompañados del título respectivo, y se acordó entonces abrir la admisión a las diversas ramas de la ingeniería.

En efecto, el atraso relativo en varias ramas de la ingeniería mexicana, en particular aquellas que suponían la incorporación y empleo de vanguardias tecnológicas (como los procedimientos industriales de análisis químicos empleados en trabajos metalúrgicos), constituye un indicador de la mayor importancia para explicar el desarrollo de una actividad científico–tecnológica local. Guarda re-

31 Se trata del ingeniero Norberto Domínguez, graduado como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo, además de Ensayador y Apartador de Metales, miembro de la Sociedad Mexicana de Ingenieros y Arquitectos y de la Comisión Dictaminadora de Programas y Textos de la Escuela Preparatoria y de las Profesionales. "Acta de la sesión del Consejo Superior de Educación Pública, celebrada el 26 de julio de 1906", *BIP*, junio-diciembre, 1906, p. 411.

lación directa con la articulación funcional respecto del área productiva a la que por definición atiende. Es decir, el problema de la insuficiencia de preparación práctica no se limitaba a los recursos con los que podían contar las instituciones educativas especializadas, sino que rebasaba los linderos de lo académico, para integrarse de manera amplia en la vida económica de la nación, según los diversos niveles de desarrollo registrados en las múltiples instancias que la componen. De forma evidente, aquéllas con el mayor rezago relativo reflejaban tal rezago en los estándares escolares de las especialidades que les correspondían, como en el caso de la ingeniería eléctrica o la industrial.

No así, por cierto, en el caso de la ingeniería civil, considerada como "la que mejor se estudia en nuestra Escuela de Ingenieros".[32] Determinada no tanto por la orientación práctica y por los diversos recursos institucionales, como por el campo de acción efectivo y con base en una demanda social amplia, esta carrera se consolidó en diversos aspectos, que van desde el prestigio hasta la realización de obras de gran envergadura, pero sobre todo, y para las cuestiones que aquí conciernen, en aquellas variables que definen la actividad científica y tecnológica. En esta perspectiva, se trata de uno de los acontecimientos de excepción en la historia de la ciencia en México.

El interés personal del general Díaz por el desarrollo de esta rama habría de determinar que al frente de la Escuela se colocara a un hombre de su entera confianza. Así, dentro del grupo de directores que laboraron en esa época, destaca la figura de Manuel Fernández Leal, quien se encargó de la dirección en varias oportunidades y se desempeñó alternativamente como funcionario de Estado, al frente nada menos que del Despacho de Fomento, destinado de forma directa a la realización de infraestructura.[33] Esta figura de académicos-funcionarios estaría llamada a jugar un papel protagónico en la consolidación de la disciplina, al operar a manera de vaso comunicante entre las esferas escolar y productiva.

32 "El porvenir de la carrera de ingenieros en México. Conferencia del Ing. Norberto Domínguez. 29 de octubre 1907", *BIP*, septiembre-noviembre, 1907, p. 512.

33 "Circular. Dirección de la Escuela Nacional de Ingenieros", AHPM, 1900, II-268, exp. 10.

En igual sentido, los presupuestos de la Escuela se incrementaron a tazas geométricas. Mílada Bazant nos ilustra a este respecto, haciendo ver que durante el gobierno de Manuel González en 1882, al verificarse un cambio de adscripción de la Escuela, que pasó de la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública a formar parte de la de Fomento,[34] el monto asignado creció casi en 300 por ciento.[35] Al mismo tiempo en que se canalizaron recursos pecuniarios para las actividades de la Escuela, se reafirmó la decisión de que ésta y las demás instituciones de enseñanza superior mantuviesen sus servicios en forma gratuita. Así, por ejemplo, en 1902, por instrucciones del Consejo Superior de Educación Pública, se nombró al ingeniero Manuel Fernández Leal para presidir una comisión encargada de estudiar la cuestión de si la instrucción profesional debía ser gratuita o no. Para ello se realizó una consulta entre las juntas de profesores, teniendo en cuenta la matrícula y el índice de titulación. Asimismo se encargó de efectuar un sondeo, "hasta donde y como fuese posible", para valorar la opinión de los alumnos.[36] La conclusión es bien sabida, y la instrucción superior continuó impartiéndose sin costo para los estudiantes hasta el triunfo de la Revolución.

Tales prebendas alentaron desde luego la tasa de matriculación y la de titulación. Una muestra de los resultados del conjunto de acciones tendientes al fomento de la enseñanza en el campo de la ingeniería civil, la tenemos en una relación elaborada por la Secretaría del Despacho de Instrucción Pública y Bellas Artes para los títulos otorgados entre 1879 y 1909, en donde aparece un total de 148 profesionistas, cifra nada despreciable si se recuerda que para cuando Díaz tomó el poder apenas hubo poco más de una docena de estudiantes inscritos no sólo en la rama civil, sino en la totalidad de las carreras de ingeniería.[37] Los ingenieros civiles que obtuvieron

34 Posteriormente, en 1891, la Escuela pasó de nueva cuenta a formar parte de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, al ser creado el Consejo Superior de Instrucción Pública.

35 M. Bazant, art. cit., p. 261.

36 "Oficio del Consejo Superior de Educación Pública. 18 de octubre 1902", AHPM, 1902, II-275, doc. 7.

37 "Lista nominal de los Ingenieros Civiles a quienes se ha expedido título en los años de 1879 a 1909", *BIP*, octubre-noviembre,1909, pp. 560-562.

título profesional o la revalidación correspondiente sumaron 21 en el año de 1911.[38] Cabría añadir aquí que, como uno de los indicadores de esta valoración de la ingeniería civil, los niveles de demanda social y de lo que ahora llamamos eficiencia terminal de esta carrera se colocaron por encima de otras ramas de la ingeniería, incluso aquéllas con niveles de exigencia menores, como se observa en la relación de alumnos aprobados en examen profesional durante el ciclo 1909–1910, cuando de un total de 21, 18 pertenecieron a la civil.[39] Declaraba su director por entonces: "Hasta ahora las especialidades más favorecidas han sido las de ingeniero civil e ingeniero de minas, tanto por ser las que se pueden estudiar con mejores elementos teóricos y prácticos, cuanto por presentar mejor expectativa de lucro en el ejercicio profesional."[40]

Pero por encima de estos y otros indicadores cuantitativos, lo verdaderamente sustantivo en cuanto a impulsar el desarrollo de la ingeniería civil se verificó en el ámbito de los contenidos. La preocupación por elevar la calidad de la instrucción y actualizar las actividades de los futuros ingenieros fue permanente. La supervisión directa del Ejecutivo operó a través de comisiones *ad hoc* integradas por especialistas. En 1891 se formalizó una de ellas con el propósito de sugerir mejorías a la Escuela en los aspectos físico, administrativo y académico. Con la participación activa de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, y de personalidades como Adolfo Díaz Rugama, Antonio del Castillo, ex director de la Escuela, y el propio Manuel Fernández Leal, se acometió la tarea de elevar la calidad de la institución. Este último, por cierto, externó una opinión a cual más favorable, al afirmar que los trabajos de los ingenieros mexicanos ya se encontraban a la par de los extranjeros y que la educación demasiado teórica se había ido corrigiendo.[41] Más ade-

38 "Expediente relativo a títulos profesionales, 1911", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 4, exp. 63.

39 "Lista nominal de los alumnos de esta Escuela que han sido aprobados en examen profesional durante el período relativo de 1909-1910", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 1, exp. 3.

40 "Alocución del Director de la Escuela Nacional de Ingenieros al inaugurarse las clases del ciclo escolar el 1º de marzo de 1908", AHPM, 1907, II-289, doc. 3.

41 "Informe del Presidente de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos referente a los trabajos

lante, en septiembre de 1897, se promulgó una Ley de Enseñanza Profesional para la Escuela Nacional de Ingenieros que puso de relieve el creciente interés por la orientación práctica; el siguiente es el texto de un oficio de la dirección de la Escuela:

> El referido *Decreto* prescribe que la instrucción será en lo sucesivo rigurosamente teórico-práctica, para cuyo fin se alternarán en la misma semana las clases que se destinen a los estudios teóricos con ejercicios prácticos adecuados a cada materia. Con esta obligación enteramente fundada en la ley, se hace preciso que en muchos cursos los profesores destinen horas extraordinarias seguidas para el cumplimiento de esta disposición, pues la naturaleza misma de algunas materias, como la Topografía y la de Procedimientos prácticos de construcción y Conocimiento y experimentación de materiales, exigen que los alumnos se transporten a algunos lugares de la ciudad y extramuros.[42]

La preocupación por superar las implicaciones de una enseñanza excesivamente teórica y abstracta se hizo patente una y otra vez. Hablando con estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria acerca de la carrera de ingeniería, el ingeniero Daniel Olmedo remarcaba esta distinción:

> no hay que saber geometría de cuatro dimensiones, ni lo más recóndito de la física molecular moderna, para ser buen ingeniero; lo que urge es conocer bien aritmética, álgebra, geometría Euclidiana, trigonometría, geometría analítica, y cálculo infinitesimal, y además, la física que podemos llamar clásica, principalmente calor, luz y electricidad. Y hay que tener muy presente que tal conocimiento debe ser práctico, quiere decir, debe uno ser capaz de aplicar los métodos aprendidos en los libros a los casos concretos.[43]

---

de la misma durante el año de 1897", en *AAIAM*, VII, 1898: 7-8.

42 "Informe justificativo del Proyecto de Presupuesto para la Escuela Nacional de Ingenieros para el año fiscal de 1898-1899", AHPM, 1897, III-259, doc. 11.

43 "Conferencia acerca de las ventajas e inconvenientes de la carrera de Ingeniero, dada en la Escuela Nacional Preparatoria por el señor ingeniero D. Daniel Olmedo", *BIP*, marzo-agosto, 1909, p. 386.

Hay que recalcar que, más que de un prurito academicista, esta preocupación por lo concreto y práctico derivó del nivel de integración de la formación profesional con el ejercicio profesional, en donde la propia circunstancia así lo exigía. Por ello, y no obstante que esa misma preocupación se manifestó en otras carreras dentro y fuera de la Escuela, la constante superación de los estándares de calidad se hizo efectiva.[44] Un informe rendido por la dirección de la Escuela en 1906 constituye una de las muestras de este interés, al dar cuenta del rendimiento académico durante el ciclo, "habiéndose procurado en todos los cursos y especialmente en los que más lo requerían, que la enseñanza se llevara a cabo lo más práctica posible".[45]

En esta misma perspectiva, la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes sometió a la consideración del cuerpo docente de la Escuela Nacional de Ingenieros un proyecto para la creación de dos carreras, la una corta y eminentemente práctica, y otra larga con la denominación de Doctorado.[46] Habiéndose tratado en junta de profesores, la idea no fue del todo aceptada por implicar, a juicio de varios profesores, la reforma al plan de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria.[47]

Las prácticas propiamente dichas se efectuaban después de la formación teórica de los estudiantes y procuraba abarcar todos los campos de actividad vigentes en la época. Así, por ejemplo, en 1901 los 11 alumnos involucrados en este requisito se dedicaron a las siguientes actividades:

> a) trazo y construcción de ferrocarriles; b) trazo y construcción de canales para la irrigación; c) trazo y construcción de canales para el aprovechamiento de fuerza motriz; d) trazo de canales para alimentación de ciudades; e) proyecto y construcción de las obras de arte

44 Un caso paralelo sería el de Medicina.

45 "Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros relativo al año de 1906", *BIP*, junio-agosto, 1907, p. 317.

46 "Carta al Director de la Escuela Nacional de Ingenieros. Octavio Bustamante, 28 de julio 1906", AHPM, 1906, III-286, doc. 16.

47 "Carta al Ciudadano Director de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ing. Serrano, 30 de julio 1906", AHPM, 1906, III-286, doc. 18.

necesarias para los ferrocarriles y los canales comprendiendo puentes, alcantarillas, sifones, compuertas, prezas [*sic*] y diques; f) proyecto y trazos de Vasos de almacenamiento de aguas para la irrigación y la fuerza motriz, comprendiendo sus obras de arte como diques, prezas [*sic*] y compuertas; g) estimación del costo de las obras y de su utilidad como obras industriales; h) visitas a los ferrocarriles, a las obras de los puertos de Veracruz, Tampico y Manzanillo, a las obras de saneamiento de la Ciudad y a las del Desagüe del Valle de México; i) por último, los alumnos han tomado parte en las ejecuciones de construcciones Civiles, como casas y fábricas.[48]

Una fuerte inclinación pragmática de estas obligaciones estudiantiles se completaba con estimaciones de costo-beneficio:

en todos los casos de la práctica atención preferente se ha consagrado a las cuestiones relativas a la conducción económica de los trabajos y a su costo final; haciendo que estas consideraciones ayuden al practicante a formar concepciones bien definidas y conclusiones relativas al éxito industrial y económico de cada obra proyectada.[49]

La participación obligada en las más importantes obras de ingeniería civil pasó, de hecho, a formar parte de los diseños curriculares de la carrera.

Los alumnos que el año anterior habían terminado sus estudios para Ingeniero Civil, han estado durante el año haciendo la Práctica general, informando al Profesor de esa Práctica de los estudios que han llevado a cabo hechos en el Puerto de Salina Cruz y en el de Coatzacoalcos; en el Ferrocarril del Istmo, en Necaxa y en general, en trabajos tales como estudios y construcción de presas, canales, irrigación, ferrocarriles, saneamiento y provisión de aguas.[50]

48 "Informe relativo a los alumnos practicantes de Ingeniería Civil durante el año de 1901", AHPM, 1901, II-272, doc. 4.

49 *Loc. cit.*

50 "Informe rendido por la Dirección de la Escuela Nacional de Ingenieros relativo al año de 1906", doc. cit., p. 319.

Las prácticas de campo exigidas a los estudiantes no estaban exentas de dificultades, principalmente de orden pecuniario; en un oficio enviado por el entonces director de la Escuela, ingeniero Luis Salazar, al secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes en mayo de 1909, se expone el asunto en los términos siguientes:

> Creo pertinente decir a esa Superioridad, que en general los alumnos para la carrera de Ingeniero Civil demoran más de un año en la práctica profesional debido a que tienen que conciliar el arbitrarse los recursos para subvenir a sus necesidades en las mismas obras donde hacen su práctica; o bien aceptar algún empleo en que puedan hacer economías para después ir a las obras cuya práctica se les exige para recibirse. Además, no tienen oportunidad durante un solo año para visitar todos los trabajos de Ingeniería en que deben practicar y se ven obligados a esperar se presenten ocasionalmente para cumplir de un modo debido con los programas de prácticas profesionales.[51]

Abundando en la argumentación acerca de la insuficiente capacitación práctica de la ingeniería mexicana, uno de los más renombrados ingenieros de la época sostenía que las empresas extranjeras eludían la contratación de profesionistas mexicanos "porque su educación no se ha templado en la práctica, porque saben mucho abstractamente pero muy poco concretamente".[52] De esta observación general quedaban excluidos los ingenieros civiles, "solicitados con muy buenos sueldos tanto por las empresas nacionales como por las extranjeras".[53]

51 "Oficio dirigido al C. Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 1, exp. 3.

52 "Acta de la sesión del Consejo Superior de Educación Pública, celebrada el 26 de julio de 1906", doc. cit., p. 411.

53 "El porvenir de la carrera de ingenieros en México...", art. cit., p. 512.

Los contenidos de la enseñanza

En 1910 la Escuela contaba con 27 profesores, cifra que había permanecido estable durante la década.[54] Éstos eran connotados ingenieros, seleccionados para el magisterio según el sistema de oposiciones, que se mantenían en activo y eran los responsables en primera instancia de las reformas académicas, a través de comisiones, de iniciativas individuales, o de juntas de profesores, que era el procedimiento más socorrido. Hay que decir que la preocupación por mejorar las enseñanzas de la Escuela fue permanente. Varias reformas tuvieron lugar en 1897 y en 1902. En 1906 se adoptó un acuerdo relativo para los programas y textos, con el propósito de "modificar en el curso del año programas, en el sentido de volver siempre más prácticas sus enseñanzas y de presentarlas a los alumnos teniendo constantemente a la vista las aplicaciones que de los conocimientos que impartan puedan hacerse en los trabajos propios de los ingenieros".[55] Poco después, en 1908, se integró una comisión "para estudiar las reformas que exige el plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros, designada por el Consejo Superior de Educación Pública", integrada por Luis Salazar, José G. Aguilera, José M. Velázquez, Norberto Domínguez y Daniel Olmedo, la cual formó parte de otras comisiones similares para el resto de las escuelas nacionales.[56]

Tales reformas —ninguna de ellas radical— atendieron a los contenidos y procedimientos de las asignaturas particulares, pero no a la estructura curricular. Las correspondientes a Ingeniería Civil eran las siguientes:

Curso de Estructuras de Hierro, Estereotomía y Carpintería;
Dibujo Topográfico y Geográfico;
Matemáticas Superiores;

54 "Oficio dirigido al Sr. Lic. Dn. Ezequiel A. Chávez. 24 de agosto 1910", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 35, exp. 35.

55 "Programas y textos que deben regir para el año de 1906 en la Escuela Nacional de Ingenieros. Acuerdo Relativo", *BIP*, agosto-diciembre, 1905-enero-abril, 1906, p. 745.

56 "Acta taquigráfica de la sesión del Consejo Superior de Educación Pública celebrada el día 9 de julio de 1908", *BIP*, noviembre-diciembre, 1908, p. 122.

Geometría Descriptiva;
Topografía e Hidrografía;
Estabilidad de las Construcciones;
Procedimientos de Construcción;
Ingeniería Civil (vías de comunicación terrestre);
Ingeniería Civil (vías de comunicación fluviales y obras hidráulicas);
Economía Política y Elementos de Derecho.

Esta relación de asignaturas prevaleció formalmente hasta el final de la década.[57] Hay que aclarar que se trataba en realidad de un tronco común para las diversas carreras de la Escuela, si bien este listado integraba el programa para Ingeniería Civil, en varios sentidos la carrera privilegiada dentro de la institución. Las otras carreras se diferenciaban al sumar al tronco común asignaturas más específicas como Aplicaciones de la Electricidad, Mineralogía, Geología y Paleontología, o Mecánica Aplicada.

Los contenidos de las asignaturas muestran asimismo la tendencia a una modernización práctica. Por ejemplo, en los cursos de Estructuras de Hierro, Estereotomía y Carpintería se empieza a favorecer el manejo de los metales, dejando atrás materiales tradicionales:

> siendo en mi concepto indispensable ampliar en todo lo posible el curso en la parte relativa a las estructuras de hierro, he creído necesario dar mayor extensión a esta parte y reducir un poco la de corte de piedras, limitándola únicamente a lo de mayor aplicación, suprimiendo todo lo que ya no se usa por facilitarse más su ejecución con el empleo del hierro.[58]

La parte dedicada a Puentes Metálicos comprendía: parte histórica: progresos realizados en la construcción de este género de obras; principios económicos: número de soportes, elección de la clase de puente, comparación teórica entre las trabes, altura; cargas reglamentarias: proporciones de los remaches y espaciamiento, rodillos

57 "Datos estadísticos correspondientes al año escolar 1910-1911", AHPM, 1910, I-304, doc. 17.

58 "Textos y programas para la Escuela N. de Ingenieros en 1904", *BIP*, enero-septiembre, 1904, p. 17.

de expansión, puentes patrón, etcétera; puentes con trabes de alma llena; puentes con armaduras articuladas; puentes con armadura remachada; composición de un proyecto de puente; preparación de un proyecto de puente para la ejecución de la obra; procedimientos de construcción; prácticas seguidas en los talleres de construcción de puentes.[59]

Cabe añadir que el 11 de junio de 1909 se trasladaron a la Escuela Nacional de Ingenieros las dos materias que se estudiaban en la Escuela Práctica de Minas de Pachuca, por acuerdo de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, "porque la educación que se impartía a los alumnos no era bastante satisfactoria".[60] Ahí se fundieron en una sola plaza a cargo de un profesor.

Las clases se impartían de lunes a sábado y exigían dedicación completa de los alumnos. Se llevaron listas de asistencia que daban derecho a evaluaciones. A partir de 1908 dichas evaluaciones se efectuaron con tres jurados propietarios y uno suplente por cada materia,[61] y se introdujeron criterios de mayor rigor:

> Para normar los reconocimientos y los exámenes de las Escuelas Nacionales Preparatoria, de Jurisprudencia, de Medicina, de Ingenieros, de Comercio y Normales, se expidieron a fines del último año [1908], seis reglamentos que concuerdan con los puntos más importantes, pero se distinguen por las peculiaridades de cada una de dichas Escuelas,[62]

declaró el general Díaz en ocasión de su informe de abril de 1909, evidenciando así el interés del gobierno por el particular. En el ciclo escolar 1910–1911 se presentaron a examen 176 alumnos de un total de 236 inscritos no sólo en Ingeniería Civil, sino en todas las carreras. Uno de éstos, por cierto, la primera mujer en estudiar

59 "Programas de la Escuela Nacional de Ingenieros", *BIP*, enero-abril, 1903, pp. 280-281.

60 "Informes relativos al Ramo de Instrucción Pública Federal, tomados de los Mensajes Presidenciales presentados al Congreso de la Unión en los años de 1900 a 1910", *BIP*, julio–diciembre, 1910, p. 50.

61 "Periodo de Exámenes y Jurados respectivos, que se hacen conocer a los alumnos de conformidad con el decreto fecha 17 de diciembre de 1908", AHPM, 1908, II-293, doc. 3.

62 "Informes relativos al Ramo de Instrucción Pública Federal…", p. 45.

ingeniería en el nuevo siglo. El número de exámenes que fueron requeridos ascendió a 652, de los cuales fueron acreditados 612, lo que demuestra un índice de aprovechamiento elevado.[63] El grado se concedía —en el caso de los ingenieros civiles— una vez realizada la práctica de campo, presentado el informe correspondiente a manera de tesis, y una réplica frente a un jurado, el cual debía resolver necesariamente por unanimidad: "se dispone desde ahora que no se podrá conceder ya sino por unanimidad de votos la aprobación de los alumnos en los exámenes profesionales, y que por otra parte dichos alumnos tendrán derecho a dos recusaciones de los jurados".[64] Otra de las nuevas disposiciones serviría como antecedente para los registros de obra que los constructores realizaban estando ya en el desempeño profesional: "los ingenieros civiles presentan memorias o descripciones de los trabajos que ejecutan, y las tesis propiamente dichas son de los mineros, topógrafos o geógrafos".[65] A pesar de la vigencia de este procedimiento, el Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes dispuso, a finales de 1910, que fueran publicados aquellos trabajos que a juicio de la dirección del plantel así lo ameritaran, con tirajes de 500 ejemplares.[66]

Los mejores estudiantes eran estimulados con un premio, sujeto también a criterios de alta exigencia, como se observa en el comentario de la dirección del plantel:

> En Junta de profesores el día 24 de enero del presente año, se resolvió que solamente dos alumnos se habían hecho merecedores al respectivo premio. En dichas Juntas se hizo notar la gran dificultad que ahora existe para que los alumnos obtengan el premio, obedeciendo a las estrictas prevenciones de la Ley vigente,[67] y que motiva que varios alum-

63 "Datos estadísticos correspondientes al año escolar de 1910-1911", AHPM, 1910, I-304, doc. 17.

64 "Disposición relativa a exámenes profesionales", *BIP*, enero-septiembre, 1904, p. 12.

65 "Oficio de la Escuela Nacional de Ingenieros al Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes, 3 de octubre 1910", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 1, exp. 3.

66 "Oficio de la Dirección de la Escuela al C. Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes. 19 de octubre 1910", AHPM, II-305, doc. 7.

67 Esta Ley databa de noviembre de 1869.

nos empeñosos y dedicados no vean premiada su aplicación al estudio, produciendo así el desaliento o más bien la indiferencia por alcanzar la justísima recompensa a los afanes del estudiante.[68]

Otra forma de promover a los estudiantes era por medio de becas. En 1911 se encontraban cinco egresados de Ingeniería Civil en el extranjero, dos de ellos en Europa y el resto en Estados Unidos.[69]

Las obras de texto seleccionadas para los cursos muestran de manera inequívoca cuáles eran las influencias principales que imperaban en la escuela. La parte más teórica aparece cargada hacia trabajos redactados en francés, mientras los temas de mayor índole práctica fueron cubiertos con libros elaborados en Estados Unidos, los cuales eran eminentemente prácticos. El procedimiento para su selección se efectuaba mediante juntas de profesores, o a título individual en algunos casos, pero de cualquier manera debían contar con el aval de la secretaría del ramo. Los textos eran obligatorios. A continuación aparece una lista de los textos aprobados para 1903, para la rama de Ingeniería Civil.[70]

Algébre Superieure: Lefebury de Fourcy
Geometrie Analytique: Sonnet et Frontera
Análisis trascendente: F. Díaz Covarrubias
Geometría descriptiva: Elizalde (si no hay, Javary)
Topografía: F. Díaz Covarrubias
Hidrografía: J. Pedrero
Stéreotomie: Leroy
Skeleton Constructions in Buildings: Birkmire
Architectural Iron and Steel: Birkmire
Stabilité des Constructions: Pillet
Treatise on Hydraulics: Merriman

68 "Reseña de los trabajos correspondientes al año escolar de 1907. Escuela N. de Ingenieros. 2 de marzo 1908", AHPM, 1907, II-289, doc. 3.

69 "Pensiones en el extranjero. Escuela N. de Ingenieros. Abril 1913", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 4, exp. 63.

70 "Lista de las obras de texto aprobadas provisionalmente por la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública para que rijan en la Escuela Nacional de Ingenieros durante el presente año. 1903", *BIP*, enero-abril, 1903, pp. 245-246.

The Cleaning and Sewerage of Cities: Baumeister
Notes on Assaying: Peyster Ricketts
Economie Politique: Beauregard
Railroad Constructions: W. Loring Webb
Treatise on Wooden Trestle Bridges: Foster
Bridge Design: Merriman
Manual of Irrigation Engineering: Wilson
Manuel d'Architecture: Kraft

Esta selección se conservó más o menos estable durante un buen tiempo. Los textos que fueron sustituidos fueron en realidad pocos: *Mathematiques B.C.T.P.,* de Deariez, en lugar de Lefebure de Fourcy; para la materia de Estabilidad de las Construcciones, *Mecanique applique á la resistance des matereaux*, de Planat, sustituyó al libro de Pillet como básico, y dejó a este segundo para consulta; se incluyeron los textos *Sanitary Engineering*, de Merriman para Hidráulica y sus Aplicaciones, y *Roads and Paviments*, de Spaulding, y como obras de consulta para Vías de Comunicación Fluviales y Obras Hidráulicas, los trabajos de Debauve, *Manuel de l'Ingenieurs*, y *Water supply Engineering*, de Wilson.[71]

Estos movimientos de actualización operaron de manera preferente en la carrera civil, que, como ya se ha dicho, era la más dinámica y la de mayor desarrollo relativo en la escuela. Otras no corrieron la misma suerte; la resolución, por ejemplo, para Mecánica Aplicada en el ciclo 1898 decía: "no se ha encontrado un texto especial que comprenda todas las materias necesarias del ramo, y así se hace necesario que el profesor dirija la enseñanza correspondiente por medio de lecciones orales, de apuntes especiales o consultas de diversos autores".[72] Esta materia fue cubierta después con textos franceses.[73]

71 "Obras de texto para los cursos en la Escuela Nacional de Ingenieros el año escolar de 1908", AHPM, 1908, III-294, doc. 5.

72 "Expediente formado con los documentos relativos a Lista de Obras de Texto para 1898", AHPM, 1897, IV-260, doc. 4.

73 *Mécanique générale*, de Flamat; *Cours de mécanique*, de Monlau, y *Traité de machines*, de Reuleaux.

La lista de obras de texto seleccionadas "por la Superioridad" para los diversos cursos impartidos en la escuela se completaba con trabajos elaborados por los propios profesores. El procedimiento se originaba por una solicitud expresa de la Presidencia de la República a la Dirección de la Escuela para la integración de una comisión. Ése es el caso, por ejemplo, de un trabajo encomendado en 1902 al ingeniero Adolfo Díaz Rugama para la clase de Cálculo de Probabilidades y Teoría de los Errores, quien afirmó:

> Mi libro será un verdadero cálculo de probabilidades y el unico [*sic*] que merezca ese nombre, pues los cálculos de probabilidades que he consultado Lacroix, Cournet; Bertrand y Liagre y otros, constituyen el amontonamiento más desordenado y absurdo de un gran número de problemas de juegos, de cuestiones extravagantes mezcladas de cuando en cuando con principios de probabilidades sin explicar su aplicación y trascendencia.[74]

Más allá de lo que pudiese significar en términos de conveniencia el hecho de contar con textos propios, a lo que apuntaba la circunstancia referida era a la necesidad de ajustar las obras de consulta y estudio a las peculiaridades concretas de la realidad mexicana, lo que implicó, de manera evidente, alejarse de la influencia francesa para comprometerse con una visión bastante más pragmática. Aquí se debe mencionar el trabajo de Roberto Gayol, *Proyecto y saneamiento de la ciudad de México*, empleado ya como obra de consulta en la materia Hidráulica y sus Aplicaciones en 1908.

Este proceso de maduración de la ingeniería civil durante el porfiriato se consumó con la creación de la Universidad Nacional. Dos fueron los puntos torales con los que se justificó esta iniciativa en 1910: primero, la conveniencia de separar la enseñanza superior del control directo del Estado, ya que "no puede tener, como no tiene la ciencia, otra ley que el método, [y ello] será normalmente fuera

74 "Oficio al Señor Director de la Escuela N. de Ingenieros. 4 de julio 1902", AHPM, 1902, III-276, doc. 7.

del alcance del Gobierno";[75] y segundo, la institucionalización de la actividad científica, dado que "la Universidad tiene por función crear hombres de ciencia, hombres de saber en toda la extensión de la palabra [...], para adquirir los más altos elementos de la ciencia humana, para propagarla y para crearla".[76] No obstante lo anterior, la intervención del Estado permanecía inalterable como necesaria, como apuntaba Justo Sierra: "Empezaré por confesar que el proyecto de creación de la Universidad no viene precedido por una exigencia clara y terminante de la opinión pública. Este proyecto no es popular en el rigor de acepción de esta palabra; es gubernamental".[77]

Así las cosas, la de ingenieros pasó a formar parte de la nueva Universidad, al lado de las otras cinco escuelas nacionales.[78] Cabe señalar que este proceso no significó cambio alguno a los estudios de ingeniería, como no fuera el otorgamiento de doctorados ex oficio y honoris causa[79] a varios de los ingenieros profesores más connotados, como Valentín Gama, Roberto Gayol, Leandro Fernández y el propio director de la Escuela, Luis Salazar. En lo que toca a la rama de ingeniería civil, la situación de la Escuela durante el último año de funcionamiento autónomo registró a un total de 189 alumnos inscritos, sobre un total de 233. En el aspecto académico, un lento proceso a favor de la especialización continuó verificándose, al reducirse a "solamente un año" el curso de Dibujo Topográfico obligatorio, y adecuar el curso general de Física Matemática a las especificidades de cada carrera.[80]

75 "Discurso del señor Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes al presentar a la Cámara de Diputados la iniciativa para la fundación de la Universidad Nacional", *BIP*, marzo-junio, 1910, p. 589.

76 *Ibidem*, p. 596.

77 *Ibidem*, p. 585.

78 De acuerdo con el artículo 2° de la Ley Constitutiva de la Universidad de México, promulgada el 26 de mayo de 1910, esa institución quedaría constituida por la reunión de las escuelas nacionales Preparatoria, de Jurisprudencia, de Medicina, de Ingenieros, de Bellas Artes (en lo concerniente a la enseñanza de la arquitectura) y de Altos Estudios, esta última, de reciente creación.

79 "Ley Constitutiva de la Universidad Nacional de México. 26 de mayo 1910", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 3, exp. 35.

80 "Decreto de 21 de julio de 1910 por el que se modifica el Plan de Estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros", *BIP*, julio-diciembre,1910, p. 370.

Una mayor autonomía formal se advierte en la nueva institución. Incorporada ya a la Universidad Nacional, los procedimientos de evaluación, por ejemplo, del desempeño escolar en la Escuela Nacional de Ingenieros, fueron modificados, derogando las disposiciones vigentes desde diciembre de 1908. Las nuevas instrucciones establecieron que se realizarían tres tipos de pruebas: una práctica, para aquellas asignaturas en cuyo estudio se manejasen aparatos, instrumentos, útiles, materiales o sustancias; una oral, para la resolución de problemas de índole abstracto, con explicación del modo de resolverlas y la comprobación de su exactitud, y una estimación del desempeño mostrado durante el curso, para las clases de dibujo. El jurado sería compuesto por tres examinadores titulares y uno suplente, y el tiempo disponible para la demostración del sustentante, entre 40 y 70 minutos.[81] Poco antes se había decidido la medida de sustituir los exámenes anuales por reconocimientos periódicos, de acuerdo con el reglamento de exámenes vigente desde el 7 de enero de 1902. Al Consejo Universitario se le dio la atribución de reformar planes de estudio y de nombrar profesores. Pero uno de los efectos más importantes de todos estos cambios fue su repercusión en el proceso de profesionalización de la ingeniería, dado que una institución académica formalmente constituida y formalmente reconocida tendría peso cualitativo a favor del reconocimiento de un ejercicio profesional.

Sin embargo, la mano fuerte del dictador se reservó el control de última instancia. La Ley Constitutiva de la Universidad Nacional, promulgada el 26 de mayo de 1910, estableció que el gobierno de la nueva institución sería integrado por tres autoridades: el Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes (art. 3º), un consejo universitario y un rector nombrado por el presidente de la República (art. 4º).[82] El estallido de la Revolución habría de determinar que en los

81 "Decreto de 23 de marzo de 1911, por el que se expiden las Reglas para estimar el aprovechamiento de los alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros", *BIP*, enero-marzo, 1911, pp. 613-616.

82 Este documento fue publicado originalmente en: Secretaría del Despacho de Instrucción Pública y Bellas Artes, *Ley Constitutiva de la Universidad Nacional de México*, México, Tipografía Económica, 1910.

siguientes años la Escuela Nacional de Ingenieros siguiera con impulso propio, sin la intromisión directa del poder ejecutivo.

La profesionalización de la ingeniería civil

Diversas acepciones tiene el término *profesionalización*. En su sentido más general se refiere al proceso mediante el cual una ocupación laboral adquiere un poder social considerable, sustentado en una determinada capacitación técnica que se obtiene mediante una preparación especializada, por lo general obtenida en instituciones de enseñanza con reconocimiento, y que se ejerce de acuerdo con una reglamentación oficial. Se caracteriza además por un código ético compartido y por una pertenencia a agrupaciones gremiales que tienden a la monopolización del servicio. Peter S. Cleaves define el término *profesional* como "una ocupación privilegiada con mística".[83] De cualquier manera, el proceso de configuración de la ingeniería civil como profesión fue matizado y concretado en diferentes etapas, hasta la etapa final que se materializó en 1945 con la definición laboral de la ingeniería en la reglamentación al artículo 4° constitucional.

Así, el proceso de profesionalización de la ingeniería civil en México se encuentra yuxtapuesto al fenómeno de participación activa del Estado en la estructuración de esta disciplina. A diferencia de lo ocurrido en aquellas sociedades que se constituyeron en vanguardia capitalista, con todo lo que ello supone en términos de la división social del trabajo, innovación científica y tecnológica, preparación de cuadros especializados y, en fin, aquellas variables que resultan correlativas a tal acontecer histórico, las peculiaridades del capitalismo local, en las condiciones concretas de atraso relativo y dependencia, determinaron formas singulares de construcción de ámbitos profesionales. En efecto, éstas no se explican sin la dinámica participativa del Estado. Uno de los estudiosos de estos asuntos propone tres razones para explicar el hecho: en primer término —dice—, la consolidación del Estado mexicano fue anterior al desarrollo de las

83 P. S. Cleaves, *Las profesiones y el Estado: el caso de México*, p. 36.

profesiones; en segundo término, el aparato estatal es la fuente de trabajo empleador más importante para los profesionistas mexicanos y, por último, los profesionistas mexicanos no suelen ser los autores de su propia tecnología.[84]

En estos aspectos la profesionalización en México guarda una distancia considerable respecto de los arquetipos occidentales, donde el proceso se vio ligado a la "espontánea" emergencia de la clase burguesa, con los gremios y las corporaciones encargadas originalmente de sancionar tales reconocimientos. En este caso, y en una perspectiva histórica amplia, los grupos profesionales mantuvieron el control de los preceptos legales que regían sus respectivos campos, frente al inexorable crecimiento del aparato de Estado, y con frecuencia retuvieron el derecho de certificar el ejercicio profesional de los individuos.[85] Aquí ocurrió a la inversa, aunque, por supuesto, en ambas circunstancias el acceso a una profesión socialmente reconocida es algo ligado de forma íntima a la educación especializada. En suma, se puede decir que en México es el Estado y no la profesión quien ha asignado una función a la formación profesional.[86] Y también que su causal se inserta, en gran medida, en una lógica política más que en una lógica económica.

Lo anterior no significa que la regulación de la profesión haya corrido paralela a su promoción y estructuración. Al menos hasta el final del porfiriato, la profesionalización de la ingeniería —en su acepción más formal, como cuerpo legal y doctrinal que define y certifica las condiciones para el ejercicio de la disciplina— simplemente no ocurrió. Esto se observa de manera evidente en la ambigüedad en el precepto de ley; es decir, en la ausencia de una normatividad específica para los enunciados del artículo 3º constitucional, relativo a la educación. A pesar de ello, es posible constatar una serie de manifestaciones que dan evidencia tanto de la necesidad de sancionar el desempeño de la ingeniería, como del nivel de maduración alcanzado a comienzos de siglo.

84 *Ibidem*., pp. 20-25.

85 *Ibidem*, p. 21.

86 *Ibidem*, p. 104.

Por supuesto, en diversos sentidos la ingeniería corrió la misma suerte que las otras profesiones liberales. Sin embargo, fue éste un proceso lento que no transcurrió de manera paralela a los casos de las otras dos profesiones reconocidas en la época: Medicina y Leyes. Cuarenta años tuvieron que transcurrir desde la apertura de la escuela en el gobierno de Juárez hasta la consolidación de la ingeniería civil a comienzos del siglo xx:

> Pocas expectativas presentaba en aquel entonces la carrera de ingeniero, y sólo la vocación trajo a este recinto un reducidísimo número de adeptos. Pero llegó la época, por una feliz evolución, de explotar las fuerzas de la Naturaleza, y las inteligencias y los capitales surjieron [*sic*] para abrir los senderos del progreso a la industria, al comercio, a las artes.[87]

El mismo funcionario alude a la valoración que había ya logrado la profesión:

> Las actividades, las aspiraciones de la juventud han visto un porvenir halagüeño con seguir la carrera de ingeniero, y hoy vemos ingresar a esta Escuela un número ya considerable de estudiantes, deseosos de alcanzar un título que les permita ocupar en la sociedad un puesto digno y respetable; que les ofrezca la ocasión de dar lustro a la Patria contribuyendo con su óbolo al progreso de la Ciencia, o al desarrollo de las riquezas de la Nación.[88]

Resulta evidente que el prestigio con el que se estaba invistiendo la carrera de ingeniero derivaba de manera directa, no tanto de la tradición, sino de la función protagónica que se le asignó casi por decreto. Agustín Aragón, uno de los intelectuales más reputados de la época, se refería a este fenómeno de la siguiente manera:

87 "Alocución del Director de la Escuela Nacional de Ingenieros al inaugurarse las clases del ciclo escolar el 1º de marzo de 1908", doc. cit.

88 *Loc. cit.*

> La formación de la clase de los *ingenieros* en las sociedades de nuestros días, con su carácter peculiar ya definido, tiene tanta más importancia cuanto que ellos son y serán sin duda el agente necesario y directo de la unión entre los sabios y los industriales, origen positivo de la futura renovación social.[89]

De cualquier manera, el reconocimiento de la profesión y la creación de un cuerpo formal para definir sus modos de operación registraron tiempos distintos, de acuerdo con el Estado, la sociedad en general y el propio gremio. "Levantamos la voz ahora, en nombre de la razón, para pedir que cese este mutuo perjuicio y universal ridículo", clamaba a principios de siglo el arquitecto Nicolás Mariscal, contrariado porque en el acontecer cotidiano los campos de trabajo entre arquitectura e ingeniería no estaban bien deslindados. Y prosigue Mariscal: "extraviado el público, ha llamado para la ejecución de las obras arquitectónicas indistintamente al arquitecto o al ingeniero; ha creído que todo es lo mismo, y aún no desaparece tan monstruosa confusión".[90]

De hecho, no sólo prevalecía la ausencia de fronteras identificables entre esos ámbitos de competencia, sino que era común desempeñarse laboralmente en ejercicios que nominalmente requerían títulos superiores a los que se exigían en la realidad, e incluso conceder, sin mucho distingo, tareas para ingenieros a simples maestros de obra. Definida "como el arte científico de aprovechar las fuentes naturales de energía para el uso y conveniencia del hombre",[91] la ingeniería pugnaba entonces por acotar su radio de acción en la conciencia pública y, con ello, por el reconocimiento oficial. La definición ofrecida por el ingeniero Daniel Olmedo en octubre de 1908,

89 "Función de los ingenieros en la vida social contemporánea. Ensayo presentado por el Sr. Ing. Don Agustín Aragón ante la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. 30 de junio 1900", *AAIAM*, IX, 1900, p. 110.

90 "El desarrollo de la arquitectura en México, por el Sr. Ingeniero Arquitecto D. Nicolás Mariscal. 15 de noviembre 1900", *ibidem*, pp. 177-179.

91 "Conferencia sobre las aptitudes que deben tener los jóvenes que se dediquen a la carrera de la ingeniería y las dificultades de adquisición de los conocimientos de la misma carrera y ventajas del ejercicio de ésta, dada por el Señor Ing. D. Agustín Aragón, el día 26 de enero de 1906, en la Escuela Nacional Preparatoria", *BIP*, agosto-diciembre, 1905-enero-abril, 1906, p. 865.

durante una conferencia en la Escuela Nacional Preparatoria, hacía hincapié en el asunto:

> el Ingeniero Civil proyecta y dirige la apertura y conservación de los caminos comunes y de las vías ferrocarrileras; traza y construye canales, ya sea para utilizarlos como vías de comunicación, o bien con el objeto de conducir el agua a determinado punto; calcula y construye puentes, a veces metálicos, a veces de mampostería; mejora los puertos y, si necesario fuere, los forma artificialmente ahí donde la naturaleza no los proporciona; localiza los lugares más apropiados y levanta allí presas o diques, que mantengan el agua en un espacio prefijado; construye, por último, toda clase de edificios, desentendiéndose un tanto de la parte artística, por no invadir los dominios de la Arquitectura.[92]

El mismo fenómeno ocurría en el Occidente del país, donde se localizaba el segundo foco de importancia.[93]

> Desde principios de 1902 se inició [en Guadalajara] la publicación de un *Directorio Profesional de Ingenieros, con indicación de los trabajos a los que se dedican*, incluido en la portada del *Boletín de la Escuela de Ingenieros de Guadalajara*. A través de dicho *Directorio*, que por cierto pagaban los interesados, se puede observar que además de los ingenieros identificados con títulos afines a la profesión que ahí se publicitaba y otros insuficientemente identificados, aparecían bastantes que habían egresado en la era del Instituto o de la Escuela con títulos inferiores a los que en la práctica ejercían en ese momento.[94]

Las previsiones de ley en la materia desde luego eran reflejo fiel de esa laxitud. Los intentos originales por derivar una reglamentación para el tercero constitucional en lo referente al ejercicio de

92 "Conferencia acerca de las ventajas e inconvenientes de la carrera de Ingeniero, dada en la Escuela Nacional Preparatoria por el señor ingeniero D. Daniel Olmedo", doc. cit., p. 383.

93 Mayor reputación llegó a tener de cierto la enseñanza de la Ingeniería en Guanajuato, pero esto se circunscribía esencialmente al ámbito minero.

94 F. de la Torre, *op. cit.*, p. 225.

las profesiones datan de 1879, 22 años después de promulgada la Carta Magna. La iniciativa de entonces, a cargo del diputado Hilarión Frías y Soto, pretendía hacer obligatoria la exhibición de títulos para las profesiones de notarios; ingenieros de minas; ensayadores y apartadores de metales; farmacéuticos, médicos, dentistas y parteros.[95] Un nuevo intento tuvo lugar un par de años más tarde, éste por cuenta de Riva Palacio y Pablo Macedo, quienes sugirieron el reconocimiento a los títulos expedidos por establecimientos oficiales autorizados para impartir enseñanza profesional.[96]

Entre 1900 y 1901 el tema volvió a cobrar actualidad y en el debate público ya se dejó sentir la opinión de los ingenieros: "El Título profesional, expedido por el Estado, es indispensable para el ejercicio de la Ingeniería, tanto en beneficio de las personas que consagran su vida a la adquisición de ese Título, como en bien de la sociedad, que carece de los medios para detener oportunamente el charlatanerismo."[97] Esta afirmación fue emitida por el ingeniero Leopoldo Salazar en diciembre de 1901, al discutirse un dictamen en el seno de la Cámara de Diputados. El mencionado dictamen fue reformado a consecuencia de la intervención de los miembros de la agrupación de ingenieros, pero a la postre la creación de una ley reglamentaria volvió a quedar en suspenso, y fue ésta, de hecho, la última ocasión en que se trató el tema durante el porfiriato. El tinglado argumental a favor de la profesionalización oficial, de acuerdo con el mismo vocero, ingeniero Salazar, ponía énfasis en la relevancia social de los profesionistas:

> Para fundar mi raciocinio creo que puedo admitir, como enteramente cierto, el principio de que el pueblo mexicano carece de cultura y que por lo tanto necesita todavía ser regido por leyes que limiten su soberanía. [...] Tratándose de la Ingeniería, hay una circunstancia que parece favorable a los que consideran autorizado el voto del público y

95 *Cfr*. M. Bazant, "La República restaurada y el Porfiriato", en F. Arce Gurza *et al., Historia de las profesiones en México,* p. 136.

96 *Loc. cit.*

97 "Apuntes sobre la libertad en el ejercicio de la Ingeniería y la Arquitectura. Leopoldo Salazar. 11 de diciembre 1901", *AAIAM*, X, 1902, p. 302.

es que por la naturaleza misma de las labores que al ingeniero le son encomendadas, no son los analfabetas los que generalmente requieren y pagan nuestros servicios profesionales.[98]

Y en una intervención del ingeniero Torres Torija, titular de Matemáticas Superiores:

Hoy, en resumen, la ingeniería como profesión de engrandecimiento y de prosperidad para los pueblos, es el *Deux ex machina* simbólico, que, agigantándose en su lucha pujante con las dificultades, va a la cabeza de los factores del progreso, sembrando donde quiera el adelanto, brindando la fraternidad y el consorcio, rompiendo las tramas de la rutina y dominando bajo la majestad de su imperio sin límites las fuerzas todas de la naturaleza.[99]

Tanto el dictamen como el debate al que dio lugar tuvieron como referente el Proyecto de Ley Reglamentaria del artículo 3º constitucional presentado en mayo de 1900 por los diputados Manuel Noeggerath, Guillermo Pous y Juan Garduño, donde se asentaba que si bien el ejercicio de las profesiones era libre, sí se necesitaría un título para la práctica de abogado, notario, ingeniero —en sus diversas ramas—, arquitecto, médico, obstetra, dentista, farmacéutico y cualquier especialidad dentro de esas profesiones.[100] La pugna por el reconocimiento del título llevaba implícita, naturalmente, una razón de privilegio social, como se desprende de una alocución del ingeniero Daniel Olmedo:

Ciertas ventajas que se adquieren a la par que el título profesional son comunes a todas las carreras. Así vemos que el mencionado título nos coloca un poco más altos en la escala social, y muchas personas desearían tenerlo, no por la posesión de los conocimientos propios a cada profesión, ni por la satisfacción de ejercitar determinadas facultades,

98 *Ibidem*, p. 293.

99 "La ingeniería como uno de los elementos fundamentales para la reforma de las legislaciones futuras. Manuel Torres Torija. 25 de noviembre 1900", *AAIAM*, IX, 1900, p. 212.

100 M. Bazant, "La República restaurada...", p. 204.

sino para aparecer en público con el nombre aumentado por la anteposición de la palabra Ingeniero, Doctor, o Licenciado.[101]

Como sucedáneo de la ausencia de normatividades específicas, se fueron instrumentando decisiones *ad hoc* que de alguna manera obligaron a la posesión y exhibición de un título para ejercer la profesión:

> El Presidente de la República ha tenido a bien acordar se conceda licencia para dirigir construcciones de edificios, lo mismo a los arquitectos, a los Ingenieros de Minas, a los Ingenieros Militares, a los Ingenieros Civiles y a los Ingenieros Industriales, pero en el concepto de que los referidos facultados no podrán disfrutar de la autorización otorgada sino anunciando ante el público la especie de título que posean y la procedencia del mismo, de modo que no tendrán dicha autorización los que se anuncien con el vago nombre de Ingenieros.[102]

Fueron revalidados, con la licencia correspondiente, títulos expedidos en el extranjero, así como en otras entidades educativas; así, por ejemplo, en febrero de 1905, a solicitud expresa de los interesados, se concedió licencia a tenientes del cuerpo de ingenieros del Estado Mayor Presidencial y de Artillería para obras de construcción en el Distrito Federal.[103]

El procedimiento fue cobrando rigor, y para 1907 apareció una resolución que estipulaba lo siguiente:

> Teniendo en cuenta la conveniencia de favorecer el ejercicio de las profesiones de quienes puedan comprobar debidamente conocimientos técnicos suficientes, el C. Presidente de la República ha tenido

101 "Conferencia acerca de las ventajas e inconvenientes de la carrera de Ingeniero, dada en la Escuela Nacional Preparatoria…", doc. cit., p. 389.

102 "Acuerdo por el que se autoriza a los ingenieros de Minas, a los Ingenieros Civiles, a los Ingenieros Industriales y a los Ingenieros Militares para dirigir construcciones de edificios, siempre que anuncien debidamente el título que posean", *BIP*, II, mayo-diciembre, 1903, p. 795.

103 "Resolución relativa a ejercicio de la profesión de Ingeniero", *BIP*, diciembre, 1904-julio, 1905, p. 516.

a bien acordar que pueden concederse licencias para obras de ingeniería en esta capital, no sólo a las personas a quienes se refieren los acuerdos anteriores relativos de esta Secretaría, sino además a las personas que satisfagan los requisitos siguientes: / 1º. Haber obtenido un título de Ingeniero en una Universidad o en una escuela oficial extranjera de reconocida autoridad; 2º. Haber obtenido de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes la revalidación de los estudios a que corresponda el título de que acaba de tratarse; 3º. Que el Director de la Escuela Nacional de Ingenieros, después de examinar detenidamente los comprobantes de los estudios de la persona de que se trate, informe a la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes que dichos estudios son suficientes para que se permita al interesado hacer las obras de la especie de ingeniería que el referido Director indique; 4º. Que haya reciprocidad de derechos para los mexicanos que vayan a los países de los que son los títulos que motiven en México estas concesiones; 5º. Que, al ejercer su profesión, los que la ejerzan anuncien con toda claridad al público la especie de título que posean o su procedencia.[104]

La ambigüedad en la definición legal de la profesión se reflejaba desde luego en los tabuladores de salario, según informe de un perito:

en el año de 1870 previo estudio de una comisión de ingenieros y arquitectos, aprobamos veintiocho peritos titulados sujetar el cobro de nuestros honorarios a un arancel estudiado con toda justificación y detenimiento; y sin embargo de haber considerado la mayor parte de los casos que se pueden presentar en la práctica, no hay un artículo que considere solamente el trabajo de levantamiento de planos de casas o fincas urbanas, y aunque lo hubiera no tendría ninguna fuerza legal, puesto que sólo era un compromiso particular o privado de los peritos signatarios del arancel, sujetar a él el cobro de honorarios por trabajos de ingeniería y arquitectura.[105]

104 "Resolución relativa a concesiones de licencias para obras de ingeniería en esta capital", *BIP*, junio-agosto, 1907, p. 699.

105 "Informe a la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes. 29 de noviembre 1910", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 3, exp. 45.

El cuadro legal relativo al trabajo profesional de la ingeniería civil durante el porfiriato se completó con una serie de disposiciones en torno a la acreditación de profesionistas extranjeros. En este terreno, contra lo que pudiera pensarse, los rangos de exigencia fueron elevados. En julio de 1907 se emitieron normas para la autorización de licencias a personas graduadas fuera del país, que obligaban a un reconocimiento del plan de estudios de la institución de origen, lo cual incluía planteles de la talla de Princeton.[106] Al igual que a los mexicanos, se les exigiría la pública exhibición del título y una explicación sobre su procedencia. Para la revalidación del título, el candidato debería comprobar, ante la secretaría respectiva, conocimientos de asignaturas contempladas en el plan de estudios vigente en la Escuela Nacional de Ingenieros —Economía Política, entre otras—, además de sustentar el examen profesional de acuerdo con el procedimiento ordinario.[107]

Innovaciones y actualizaciones en materia de ingeniería civil

Acaso el antecedente más remoto de lo que podríamos considerar como investigación científica y tecnológica en el campo de la ingeniería civil en México sean los gabinetes de prácticas para los alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros. Dotados de equipos bastante modestos y con programas de trabajo poco ambiciosos, estos incipientes laboratorios, sin embargo, permitían y alentaban la experimentación en aspectos de la ingeniería que por su propia naturaleza rebasaban concepciones teóricas para ubicarse en la perspectiva de los conocimientos aplicados. Resulta evidente que diversos niveles de experimentación debían llevarse a efecto al presentarse problemas concretos durante el desempeño profesional de los constructores, de manera tal que un primer ejercicio de investigación

106 "Notificación de la Sección de Instrucción Secundaria, Preparatoria y Profesional, de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, 30 de junio 1908", AHPM, 1908, III-294, doc. 6.

107 *Loc. cit.*

estuvo constituido por requerimientos específicos de soluciones *ad hoc*; las obras del desagüe en el Valle de México son el caso más representativo.[108] Pero lo que presenta de distinta la realización de estas actividades dentro de la escuela es que de manera real se incorporó la investigación como elemento integrante de la formación profesional y de las tareas asumidas por el plantel.

Fue a partir de 1897 cuando esta perspectiva cobró fuerza en la institución. En el presupuesto calculado para el año siguiente los responsables de la Escuela contemplaron medidas en esa dirección:

> Para las clases de Mecánica, Topografía y Astronomía, Procedimientos de construcción y conocimiento y experimentación de materiales, se propone también algunos aumentos a sus dotaciones respectivas, sirviendo de fundamento para esto las prácticas que se alternarán con los estudios teóricos en esas clases y que deberán hacerse dentro y fuera del establecimiento. Por la misma razón se consultan dotaciones nuevas para las clases de Estereotomía, así como para la de Hidráulica e Ingeniería Sanitaria, que ha sido creada nuevamente.[109]

Desde luego, la materialización de esos propósitos dependía más de la disponibilidad de recursos efectivos que de la voluntad, de tal suerte que los equipamientos de los gabinetes apenas llegaron a contar con lo indispensable. Hay que señalar que, como una alternativa para paliar estas limitaciones de equipo, las autoridades académicas de la escuela solían echar mano de datos obtenidos en prácticas escolares efectuadas en colegios de Europa y Estados Unidos.[110] También hay que decir que las autoridades externas compartían también ese objetivo, como se desprende de las siguientes declaraciones del

108 Como veremos más adelante, esa obra diseñada por mexicanos impactó favorablemente el desarrollo posterior de la ingeniería civil en muchos sentidos y vino a dar solución a un problema ancestral. No en balde Porfirio Díaz llamó a los miembros de la junta responsable del proyecto *Beneméritos de la Nación y de la Humanidad.*

109 "Informe justificativo del Proyecto de Presupuesto para la Escuela N. de Ingenieros para el año fiscal de 1898-1899", AHPM, 1897, III-259, doc. 22.

110 "Reseña de los trabajos correspondientes al año escolar de 1908 a 1909 en la Escuela Nacional de Ingenieros", *BIP*, marzo-agosto, 1909, p. 825.

propio presidente de la República: "El perfeccionamiento intelectual y moral de las escuelas superiores no se efectuaría si no se renovaran asimismo sus útiles, sus instrumentos y mobiliario, pues parte de ellos no se ha modificado desde hace más de treinta años."[111]

De nueva cuenta sería el Estado quien daría factibilidad a esta importante faceta en el desarrollo de la ingeniería, no sólo por ser a final de cuentas el patrocinador en la adquisición de equipos, sino porque se constituyó en el agente principal para la demanda de trabajos de investigación. Por lo general eran las secretarías del ramo, como Fomento u Obras Públicas, las que encomendaban estudios específicos, por ejemplo, para el reconocimiento de materiales como las arcillas y la cal empleadas en la fabricación de cemento.[112] Para estos efectos, la Escuela contaba con máquinas de 80 mil kilos y de 10 mil kilos (esta última adquirida apenas en 1904), con las que podía estudiarse la compresión, la torsión y la flexión de materiales diversos como cementos, ladrillos, rocas, cables de manila y de acero.

Las asignaturas relacionadas de manera más directa con la práctica de la ingeniería civil fueron los espacios naturales en los que esta incipiente investigación tuvo lugar. Fueron los responsables de las cátedras los que se encargaron de llevar los objetivos de investigación al terreno de los hechos:

> Esta Dirección recomienda atentamente y con todo interés y empeño, el programa del curso de Procedimientos de Construcción presentado por el Sr. Profesor Anza en el año próximo pasado [1905], pues está persuadida que es una forzosa exigencia el establecimiento del taller que en dicho programa se propone; es ya tiempo que se cuente en esta Escuela con un taller completo donde puedan estudiar prácticamente los materiales de construcción, prestándose a la vez una ayuda utilísima a los ingenieros, constructores, fabricantes, que necesitan datos sobre los materiales que se ensayen a la compresión, a la torsión, a la flexión.[113]

111 "Informes relativos al Ramo de Instrucción Pública Federal, tomado de los Mensajes Presidenciales…", doc. cit., p. 10.

112 "Oficio de la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, a la Escuela Nacional de Ingenieros. 26 enero 1887", AHPM, 1887, I-229, doc. 25.

113 "Informe general correspondiente al año de 1905", *BIP*, junio-diciembre, 1906- febrero, 1907, p. 65.

La intención de instalar en la escuela centros de investigación y de emplearlos no sólo en beneficio del plantel, sino del conocimiento científico y tecnológico del ramo, era más que evidente. Desde luego, este objetivo dependía, más que de la voluntad, de los recursos disponibles para el efecto. Así tenemos, por ejemplo, que para el ejercicio 1897 se contempló un presupuesto de 400 pesos anuales para experimentación de materiales, reparación y conservación de los aparatos y colecciones de la clase de Procedimientos de Construcción; otros 180 pesos para las prácticas de Estereotomía, Carpintería y Estructuras de Hierro; 240 pesos más para el gabinete de la clase de Vías de Comunicación Terrestres, y 420 para las prácticas escolares de Topografía, mientras el salario asignado al director de la escuela ascendía a dos mil pesos anuales.[114]

El principal promotor de esta faceta de la ingeniería fue el ingeniero Antonio M. Anza, ex alumno de San Carlos de cuando estaban vigentes los planes de estudio introducidos por Cavallari, que modernizaron la enseñanza y le imprimieron un sello eminentemente práctico. Era el titular de Procedimientos de Construcción y Experimentación de Materiales, con tres sesiones semanales —lunes, miércoles y viernes, de 7:30 a 9:00 de la mañana—, cuyo gabinete contaba con un ayudante de experimentación de materiales, puesto que para entonces ocupaba el también ingeniero Félix Trigos.[115]

Desde esta plataforma, Anza, y a través de él la propia escuela, se encargaron de sostener un ritmo de actualización en los asuntos de su competencia. Así ocurrió, por ejemplo, con la entrada en escena del concreto armado en la construcción, innovación técnica que habría de revolucionar los procedimientos de la ingeniería como indicaba el propio Anza:

> En los últimos años a medida que las construcciones en concreto armado se han ido desarrollando, tanto en Europa como en Estados Unidos, el que esto suscribe, que siempre ha hecho lo posible por

114 "Proyecto de Presupuesto de la Escuela Nacional de Ingenieros. 1897", AHPM, 1897, III-259, doc. 22.

115 "Al Señor Ingeniero Don Luis Salazar, Director de la Escuela Nacional de Ingenieros. A. M. Anza. 20 de marzo 1908", AHPM, 1908, VI-297, doc. 22.

> estar al tanto de los últimos procedimientos de construcción, sea por las publicaciones periódicas o por las obras especiales, ha tratado de darles a conocer este material a los alumnos del curso que tiene a su cargo, si no con la extensión que sería de desear, porque esto no lo permiten ni sus conocimientos, ni la gran variedad de materiales que tratar en este curso; pero sobre todo en los últimos años, se ha empeñado en darles a conocer las principales características de este tipo de construcciones; y ahora que se proporciona esta oportunidad, no cabe duda que para la Escuela será un adelanto, la creación de un curso especial teórico-práctico de construcción de obras en concreto armado, que comprenda el estudio especial de los cementos y de las arenas, que forman la parte más difícil de satisfacer en esta clase de construcciones.[116]

La dirección de la escuela se sumó al interés por la nueva técnica y ya en el proyecto de presupuesto para el año fiscal 1910-1911 y en calidad de institución universitaria, se solicitó a la secretaría del ramo una partida especial para esos efectos y con la siguiente exposición de motivos:

> en los programas de las clases de Estabilidad de las Construcciones y Procedimientos de Construcción existe algo relativo al estudio del concreto armado, pero dado el número y la amplitud de los asuntos que tienen que tratarse en esas clases, los estudios experimentales y analíticos no pueden hacerse con la extensión que reclama ese procedimiento de construcción, reconocido hoy de grandísima importancia y porvenir entre los ingenieros. Debe pues, siguiéndose la enseñanza de planteles análogos a esta Escuela N. de Ingenieros, segregarse el estudio teórico-práctico de las construcciones de concreto armado de las clases donde ahora se enseña bajo una forma que apenas basta para dar idea de la importancia del asunto.[117]

116 "Respuesta al Memorandum del Señor Ing. Don Luis Salazar. A. M. Anza. 23 de agosto 1909", AHPM, 1910, IV-307, doc. 1.

117 "Proyecto de Presupuesto de gastos de la Escuela N. de Ingenieros para el año fiscal 1910-1911. Septiembre 1910", AHPM, 1910, III-306, doc. 7.

Las limitaciones no afectaban únicamente a las materias nuevas. El Gabinete de Puentes, por ejemplo, donde se ponía en contacto al alumno con las técnicas tradicionales para construir puentes, así como con las innovaciones en puentes metálicos,[118] contaba con 13 modelos de puentes a escala (casi todos ellos en escala 1/20, de los cuales uno era de mampostería y el resto de madera), así como con una locomotora con tres metros de vía, cuyo valor en conjunto apenas rebasaba los dos mil pesos.[119]

El no poder contar con los equipos idóneos para experimentación, hecho motivado por problemas de financiamiento, fue compensado de forma ventajosa por una política a favor del incremento y actualización de acervos bibliográficos y hemerográficos:

> El número de libros con los que se cuenta en la actualidad [en la Biblioteca de la Escuela] es de 6250 volúmenes y 2835 fascículos y folletos. Todas las obras adquiridas son enteramente modernas y de las más recomendadas, tratan especialmente de Irrigación, Presas, Canales, Hidráulica en general y sus varias aplicaciones, Obras en los puertos, Abastecimiento de agua y lo más que se ha podido de Cemento armado, Química, Explotación de minas, Metalurgia, Electricidad y sus diversas aplicaciones, Topografía. La mayor parte de estas obras son americanas o inglesas y también de autores franceses.[120]

Aparte del esfuerzo personal a favor de mantenerse actualizado, de las aportaciones originales de los ingenieros en activo, de la sistemática adquisición de obras especializadas y de los intercambios ocurridos en el seno de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, así como entre el cuerpo docente de la escuela, otro procedimiento fue utilizado para mantener al día los conocimientos desarrollados en el campo: los acuerdos internacionales. Este recurso fue

118 Uno de los Capítulos del Programa estaba destinado a la historia de los progresos logrados en "este género de obras", al estudio de los materiales metálicos y a las consideraciones económicas. *Cfr.* "Programas de la Escuela de Ingenieros", *BIP*, enero-abril, 1903, pp. 280-281.

119 "Inventario de los modelos que forman el Gabinete de Puentes en la Escuela Nacional de Ingenieros", AHPM, 1908, V-296, doc. 7.

120 "Informe General correspondiente al año de 1905", doc. cit., p. 65.

debidamente ponderado por el gobierno mexicano y se procedió en consecuencia tomando la iniciativa para la realización de convenios. Desde luego, y a pesar de que los vínculos del gobierno de Díaz con la cultura francesa conservaban su vigor, el peso de la proximidad a Estados Unidos estaba imponiéndose. Fue, en efecto, con los vecinos del norte con quienes se realizaron las gestiones más perentorias, por medio de enviados especiales y de mecanismos protocolarios. En el ámbito de las asociaciones gremiales, fueron los norteamericanos los que adoptaron la iniciativa, promoviendo la apertura de canales de intercambio. Así, a mediados de 1907 se celebró en la ciudad de México, precisamente en los locales de la escuela, una reunión anual de la American Society of Civil Engineers, a la que fueron invitados ingenieros mexicanos para una discusión conjunta sobre una agenda de temas definida por la parte norteamericana:

> El Comité de Acuerdos, establecido por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, desea de manera especial invitar a usted y a los profesores de la Escuela de Ingenieros, a tomar parte en las sesiones de la Convención anual de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, la cual se va a sostener aquí, dando comienzo las discusiones el 8 de julio próximo. Dado que ellos deberán tener conocimiento de los temas a discutir, aquí le adjunto una lista de las cuestiones a discutir.[121]

Resulta interesante la relación de temas a discutir en la reunión conjunta de ingenieros norteamericanos y mexicanos, pues evidencia una clara preocupación por asuntos que correspondían a la parte mexicana: 1) abastecimiento de agua (en especial, presas); 2) cimientos: a) cimentaciones de edificios pesados sobre terrenos semejantes a los de la ciudad de México; b) uso de acero o hierro en las cimen-

121 "Carta al Sr. Ing. D. Luis Salazar, por W. Moler, 25 de mayo 1907", AHPM, 1907, II-289, doc. 3. El texto original dice: "The Committee of Arrangements, appointed by the American Society of Civil Engineers, wish to specially invite you and the professors of the Escuela de Ingenieros, to take part in the sessions of the annual Convention of the American Society of Civil Engineers, which is to be held here, beginning July 8th prox., in the discussions. In order that they may be prepared to know the topics to be discussed, I herewith enclose a list of the questions for discussion."

taciones; c) resistencia y durabilidad de cimentaciones que antes de fraguar presenten exceso de agua, falta de compresión o desecación muy rápida; 3) pavimentos; 4) ferrocarriles eléctricos, y 5) motores de gas.[122] En dicha oportunidad se logró un intercambio fructífero de experiencias, al entrevistarse los visitantes con académicos y estudiantes de la Escuela Nacional de Ingenieros. Uno de los visitantes, el ingeniero Mansfield Merriman, eminente especialista en Hidráulica, quedó a tal grado impresionado que publicó un elogioso artículo en el periódico norteamericano *Engineering News*, acerca de los desempeños de sus colegas mexicanos.[123]

No fue esta reunión bilateral el primer paso de acercamiento entre profesionistas de la ingeniería de los países vecinos. Poco antes, en 1906, el entonces director de la escuela, ingeniero Mateo Plowes, fue comisionado por el presidente de la República para "estudiar los planes de estudio que rijan en las principales Escuelas de Ingenieros de Europa y en los Estados Unidos de América".[124] Al año siguiente, en julio, el gobierno mexicano emitió una resolución sobre concesiones de licencias para obras de ingeniería civil en la capital, con la que exigió reciprocidad a favor de los mexicanos en torno a la concesión de licencias a extranjeros para el ejercicio de la profesión en la capital de la República.[125] Un cierto proceso de homologación formal estaba teniendo lugar entre los dos países, factible a partir del reconocimiento de un determinado nivel de calidad. Más adelante, y poco antes de la caída del régimen de Díaz, el gobierno mexicano, por conducto del director de la Escuela Nacional de Ingenieros, llevó a cabo una serie de gestiones para lograr la incorporación de estudiantes mexicanos de ingeniería en obras de importancia realizadas allá:

122 "Temas que se pondrán a discusión en la reunión de los miembros pertenecientes a la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles", AHPM, 1907, II-289, doc. 4.

123 "Reseña de los trabajos correspondientes al año escolar de 1907. Escuela N. de Ingenieros. 2 de marzo 1908", doc. cit.

124 "Minuta. 28 de septiembre 1906", AHPM, 1906, III-286, doc. 2.

125 "Resolución relativa a concesiones de licencias para obras de ingeniería en esta capital", doc. cit., pp. 669-670.

> Para poder utilizar de la mejor manera posible la cantidad que el presupuesto fiscal asigne en su partida 7787 para la práctica general y estudios de perfeccionamiento de los alumnos que hayan terminado en esta Escuela la carrera de Ingeniero Civil, el suscrito [ingeniero Luis Salazar] inició desde julio último una investigación en los Estados Unidos acerca de algunos Institutos, Compañías y Empresas que tienen a su cargo las obras de mayor importancia. Esa investigación tenía por objeto inquirir en qué condiciones podrían ser admitidos los pasantes de esta Escuela en Ingeniería Civil, en los diversos trabajos ahí existentes. / El Sr. Lic. Dn. Francisco L. De la Barra, Embajador de México en los Estados Unidos aceptó promover dicha investigación por intermedio de la oficina de la Unión Panamericana.[126]

La pesquisa había comenzado apenas en octubre de 1910, cuando el director de la Escuela solicitó la intervención del embajador en los siguientes términos:

> Confirmo por estas líneas la súplica que verbalmente hice a U. Para que me preste su valiosa ayuda a fin de que los pasantes de esta Escuela puedan encontrar facilidades para trabajar como ayudantes, auxiliares, o con cualquier otro carácter en las obras diversas que se hagan actualmente en los E.U.[127]

Los protocolos de intercambio rindieron un fruto positivo, aunque restringido a consecuencia de disposiciones legales relativas al servicio civil —Civil Service Regulations— y el gobierno de Estados Unidos accedió de forma parcial a la solicitud mexicana, "dando una prueba más de las buenas relaciones que afortunadamente existen entre las dos Repúblicas",[128] de hacer partícipes a estudiantes nacionales en determinadas obras públicas en territorio norteamericano, así como en el istmo de Panamá. Sin embargo, los convenios

126 "Oficio # 569, dirigido al Sr. Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes. 1 de marzo 1911", AHPM, 1910, II-305, doc. 6.

127 "Carta dirigida al Sr. Lic. D. Francisco L. de la Barra, por Luis Salazar", AHPM, 1910, V-308, doc. 7.

128 "Memorandum de la Secretaría de Estado y del Despacho de Instrucción Pública y Bellas Artes. 17 de diciembre 1911", AHPM, 1910, II-305, doc. 7.

no se formalizaron hasta finales de 1911,[129] cuando el régimen de Díaz se encontraba en extinción. Aun así, algunos de ellos lograron participar de este beneficio, como el alumno Ricardo Monges López, quien años más tarde cumpliría un papel muy destacado en cuanto al impulso de la ciencia en México.

Las gestiones paralelas que emprendió la parte mexicana por conducto del director de la Escuela Nacional de Ingenieros y del embajador de México en Washington con sectores de la iniciativa privada en Estados Unidos no reportaron el mismo éxito. Compañías como la Westinghouse Electric & Manufacturing Company, Southern Railway Company, General Electric, Baldwin Locomotive Works, o Harland & Hollingsworth Corporation, arguyeron razones diversas para justificar su negativa a la incorporación de estudiantes mexicanos.[130] De cualquier manera, las gestiones al respecto abrieron camino para intercambios que fructificarían más adelante.

No hay duda de que el ejemplo del pragmatismo que prevalece en Estados Unidos sirvió cuando menos de inspiración para seguir insistiendo en darle una orientación más práctica a los estudios de ingeniería. Valentín Gama, uno de los intelectuales de mayor relieve durante el porfiriato, externaba de la manera siguiente su convicción por la práctica: "se olvidan los profundos desencantos que suelen experimentar los estudiantes cuando al encontrarse con la realidad, empapados de conocimientos generales se encuentran con que ignoran muchas cosas que el obrero o el albañil saben muy bien".[131] El caso es que, a la caída de Díaz, las inercias que se habían introducido a favor de ajustar más la preparación de los ingenieros a los terrenos de la práctica, y el acercamiento con las maneras de hacer en el país vecino del norte, cobrarían fuerza. Desde una perspectiva institucional, la existencia de una Universidad Nacional facilitaría más adelante el establecimiento de acuerdos de colaboración. Tal

129 *Ibidem.*

130 "Memorandum de la oficina de la Unión Panamericana. 29 de noviembre 1911", AHPM, 1910, IV-307, doc. 27.

131 "Propuesta de Plan de Estudios para la Escuela Nacional de Ingenieros. Valentín Gama. 1910", AHPM, 1910, III-306, doc. 11.

expectativa había ya sido valorada por los norteamericanos desde la fecha misma de la inauguración de la Universidad, como lo hizo ver Elmer Elsworth, a la sazón Comisario de Educación de los Estados Unidos:

> Las felicitaciones de esta Oficina en ocasión de la feliz apertura de esta Universidad se unen a la esperanza y a la confianza de que habrá de mantener un honroso puesto en ese grupo de universidades americanas que, perteneciendo como pertenecen a diferentes nacionalidades, forman por sus comunes tipos e ideales escolásticos [*sic*], las más poderosas ligas de unión entre los diferentes pueblos de este Continente Occidental.[132]

La práctica de la ingeniería civil

Hay una circunstancia de apariencia paradójica en el desarrollo de la ingeniería civil durante el porfiriato: la activa intervención del gobierno federal en el impulso y patrocinio de la formación profesional en tal especialidad, y el escaso aprovechamiento oficial de ese potencial en las grandes obras de infraestructura que se emprendieron. Tal circunstancia fue resultado de diversas variables pero, de acuerdo con las conclusiones del presente trabajo, fueron dos las determinantes: uno, el hecho de que si bien la consigna positivista motivó al dictador y buena parte de su gabinete a procurar condiciones a favor de una sociedad "científica", ese prurito se reducía a impulsar ciertas áreas de conocimiento, y no a las articulaciones entre éstas y la práctica y, dos, que aun cuando la ingeniería civil mexicana contaba ya con capacidad efectiva para la construcción, no se contaba, en cambio, con empresas locales constituidas que conjugaran en la práctica los diversos factores de la producción y de la administración.

132 "Correspondencia diplomática del Departamento del Interior, Oficina de Educación, Washington. 28 de julio de 1910", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 1, exp. 12.

Cabría añadir un "nacionalismo" de muy bajo perfil y la admiración manifiesta por parte del grupo en el gobierno a favor de culturas y procedimientos extranjeros, de donde la contratación de servicios externos se justificaba ante el riesgo de la "improvisación". Resulta claro que la escasa o nula capacitación de empresas mexicanas para construcción de obras de gran envergadura contrastaba con la experiencia de varias empresas extranjeras. Un interesante y bien documentado estudio sobre la obra constructiva del porfiriato —*El contratista de don Porfirio*—[133] sostiene la tesis de que uno de los elementos causales que explicarían esa política de favoritismo a las empresas extranjeras de ingeniería es el relativo a la ganancia local en términos de aprovechamiento de la experiencia laboral que presumiblemente dejaría la firma foránea en un medio que no contaba con antecedentes al respecto:

> en este campo se planteó que el escaso desarrollo de las relaciones laborales en el ramo, entre otras cosas, motivó la necesidad de contratar las obras a empresas extranjeras, y se descubrió la conveniencia de evaluar el impacto transformador de los contratos ejecutados por el contratista extranjero sobre las relaciones laborales en la construcción mexicana.[134]

En cualquier caso, lo cierto es que las grandes obras de la infraestructura porfiriana no fueron realizadas por mexicanos. Sin embargo, como se verá más adelante, la participación de personal mexicano en tales obras sí redituó experiencia en beneficio de la ingeniería local. Ello obedeció fundamentalmente a la participación de profesionales mexicanos en las construcciones mismas, así como a la generación de proyectos. Un ejemplo de ello es el caso del ingeniero Ángel Peimbert, quien se recibió en 1896 con una tesis titulada "Trazo de ferrocarriles"; él se sumó a la Pearson & Son Ltd. en 1904, tomando parte en los trabajos de la línea del istmo de Tehuantepec y sus puertos

133 P. Connolly, *El contratista de don Porfirio*, p. 423.

134 *Ibidem*, p. 31.

extremos, Coatzacoalcos y Salina Cruz.[135] Más adelante sería uno de los expertos en esa especialidad, como constructor y educador.

Desde luego el ejemplo más destacado de la competencia de los ingenieros mexicanos de ese periodo lo constituye el caso de Gayol; a este particular se refirió años más tarde el ingeniero Nicolás Durán durante la sesión solemne celebrada por la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México que se celebró el 25 de febrero de 1931 para festejar el quincuagésimo aniversario de la recepción profesional del citado Roberto Gayol, cuando después de recordar las aportaciones del entonces ya presidente honorario de la Asociación, dijo:

> Para los ingenieros mexicanos, la obra del señor Gayol en el saneamiento de la ciudad, no sólo es admirable por su concepción, por su ejecución y por sus resultados, sino que tiene, además, el mérito de haber demostrado, en un país donde siempre se ha pensado y se sigue pensando, que sólo los extranjeros saben y son capaces, que en México se pueden hacer, por mexicanos, obras iguales y aun superiores que las similares extranjeras.[136]

Otro de los profesionistas que años después recapitulaban sobre la experiencia adquirida a la sombra de las empresas extranjeras, el ingeniero Pérez Castro, relata así la colaboración:

> Los trabajos de formación del puerto de Veracruz se iniciaron formalmente por un contratista mexicano, el Sr. Don Agustín Cerdán, y bajo la dirección de un ingeniero también mexicano, Don Miguel A. de Quevedo; pero al cabo de algún tiempo y después de haberse vencido las principales dificultades, como las relativas a la construcción del dique del Noroeste, pasaron a manos extranjeras, que no tuvieron que sufrir la hostilidad con que muchos elementos mexicanos acosaron sin tregua a los iniciadores, compatriotas suyos. Las importantes obras ejecutadas en otros puertos de la República, como Tampico, Coatza-

135 "Discurso en la sesión solemne en honor de los socios fallecidos. Pedro A. González", *RMIA*, XVII, 1, 24 de enero, 1939, p. 38

136 "Discurso del Sr. Ing. Nicolás Durán", *RMIA,* IX, 3, 15 de marzo, 1931, p. 14.

> coalcos y Salina Cruz, que al igual que las primeramente citadas, se hicieron en los últimos años del siglo decimonono y los primeros del vigésimo, se ejecutaron asimismo por extranjeros, que se vieron altamente favorecidos. La perseverante y acertada labor de los ingenieros mexicanos fue, sin embargo, atenuando en cierta proporción los prejuicios a favor de los extranjeros. Y las obras de saneamiento de la Ciudad de México se hubieran podido ejecutar en su totalidad, por elementos puramente nacionales, a no haber intervenido otras causas que llevaron al Gobierno a celebrar un contrato con la casa francesa que prosiguió los trabajos hasta su conclusión. Al emprenderse muy poco tiempo después las nuevas obras de provisión de agua potable de la misma ciudad, ya se dejó el campo libre a los profesionistas mexicanos y pudo verse claramente que nuestros compatriotas ingenieros, cuando lo son de verdad, no desmerecen al lado de los mejores y de cualquier otra nación. Las mencionadas obras del saneamiento que pudieron realizarse sino hasta que estuvo resuelto otro problema fundamental, cual fue el del desagüe de la gran cuenca cerrada que lleva el nombre de Valle de México.[137]

Semejantes intentos de reivindicación de la ingeniería mexicana comenzaron a manifestarse desde muy temprano, todavía en el régimen porfirista. El ingeniero Rafael Dondé, miembro de la asociación y uno de los pocos ingenieros mexicanos a los que se le encomendó una obra de importancia —el Palacio Legislativo— expuso el proyecto de construcción en una de las sesiones del organismo en enero de 1900,[138] ocasión en la que se informó también que una colección de los *Anales* había sido enviada a la Exposición Universal de París, para, en palabras del presidente de la asociación,

> dar una idea en el gran certamen no sólo de nuestra cultura intelectual, sino de algunas de nuestras obras de ingeniería [...] Ya en otros informes he llamado la atención acerca de la notoria y decidida influencia que ha tenido nuestra profesión en el desarrollo del progreso moderno.

137 L. Pérez Castro, "Horizonte de los ingenieros civiles en 1868 y en 1918". *RMIA*, IV, 6, 15 de junio, 1926, p. 325.

138 "Acta de la sesión del 3 de enero de 1900", *AAIAM*, IX, 1900, p. 4.

> [...] Toca a los ingenieros iniciar nuevos proyectos, sugerir nuevas empresas e imprimir más vigor al progreso material de la Nación.[139]

La misma inquietud a favor de reconocimiento se mantuvo después de la caída del régimen, cuando se estaba esbozando el nuevo proyecto nacional después de superado el conflicto armado. En una nota aparecida en *El Universal*, en febrero de 1918, se recapitulaba sobre el balance de la participación de ingenieros extranjeros y mexicanos.

> Es un contraste digno de notarse, que mientras la construcción pesada de los edificios monumentales encomendada a extranjeros ha hecho bancarrota, puesto que las principales obras, el Teatro Nacional en construcción, del arquitecto Boari; la Casa de Correos, del mismo arquitecto, y el Palacio de Comunicaciones, del arquitecto Contri, situados en un mismo perímetro, se han hundido en una década lo que la Escuela de Ingenieros de Tolsá en un siglo, y el esqueleto de hierro del Palacio Legislativo de Bernard ya está dislocado, los edificios de menor cuantía construidos por arquitectos mexicanos no han sufrido dislocaciones ni hundimientos.[140]

Lo cierto, como se ha dicho, es que las más importantes obras de infraestructura durante el porfiriato corrieron por cuenta de extranjeros. En la parte más significativa, las obras públicas se concentraron en tres campos, lo que refleja inequívocamente, no sólo el estado de la técnica, sino el orden de prioridades que en esa materia manejó el gobierno de Porfirio Díaz: ferrocarriles, puertos y desagüe de la ciudad de México. Estos tres grandes campos representan, en efecto, el grueso de la obra porfiriana, si bien no la única.

En la parte que tituló "La gran obra administrativa" del libro que le dedicó a Díaz, Francisco Bulnes[141] propuso una clasificación de la obra pública realizada durante la dictadura, que ha servido

139 *Informe del Sr. Presidente de la Asociación*, *ibidem*, p. 11.

140 R. M. Campos, "Entre dos lunes", *El Universal*, 28 de febrero, 1918, p. 3

141 F. Bulnes, *El verdadero Díaz y la Revolución*, pp. 113-116.

de guía para trabajos posteriores. No se trata de una sistematización cuidadosa ni exhaustiva, sino incluso arbitraria, elaborada con el confeso afán de ensalzar los resultados de ese gobierno. Por esta misma razón, aparece estructurada sobre la base del tipo de financiamiento,[142] como se puede ver en el cuadro 1.

Otra fuente contemporánea corrobora la relación propuesta por Bulnes, destacando la importancia de una de esas obras, en la que por cierto el diseño fue enteramente mexicano. En efecto, a principios de 1911, el ingeniero José Ramón de Ibarrola, miembro fundador de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, y a encargo expreso de ella, presentó a las fiestas del centenario de la Independencia un resumen de las grandes obras de ingeniería de la época. La versión es la siguiente: la mayor de todas y la más significativa, fue la obra del desagüe del Valle de México; esta realización permitió derivar otros desarrollos como las obras de saneamiento del Distrito Federal; los trabajos de pavimentación (una vez superadas las inundaciones y los lodazales); la provisión de aguas. Otras obras complementarias del cuadro, a juicio del mismo autor, fueron las desviaciones de las corrientes "impropiamente llamadas ríos",[143] los ferrocarriles, que en 1876 tenían una red de apenas unos 666 kilómetros y para entonces sumaban ya 19 590 kilómetros; los puertos, como Veracruz, Tampico y Manzanillo, y los puntos terminales del Ferrocarril Interoceánico de Tehuantepec, Salina Cruz y Coatzacoalcos; el sistema de faros, fanales, balizas y bayas, que en conjunto reportaban 131; diversas obras de riego, fomentadas entre particulares ("el número de concesiones dadas en estos últimos años para esta clase de obras, acredita el interés con que los propietarios ven las ventajas de los riegos");[144] y las presas para procurar fuerza motriz, de las cuales la de mayor importancia fue Encasa, que abastecía de energía eléctrica a la red de tranvías de la ciudad de México, a los talleres de la Indianilla,

142 Excepto el título, el cuadro aparece tal y como lo presentó Bulnes, aun cuando incorpora rubros que son irrelevantes para el presente tema.

143 J. R. de Ibarrola, *Apuntes sobre el desarrollo de la Ingeniería en México y la educación de ingeniero,* p. 19.

144 *Ibidem*, p. 21.

Cuadro 1. [Clasificación de la obra pública realizada durante la dictadura de Díaz]

Nomenclatura	*Costo*
Concesiones para grandes obras que no causaron gravamen alguno a la nación	
Obras en la cascada de Necaxa para obtener cien mil caballos eléctricos	$ 70 000 000
Tranvías eléctricos en el Distrito Federal	$ 10 000 000
Mil quinientos kilómetros de líneas férreas sin subvención, con equipo y todo	$ 40 000 000
Capital extranjero para bancos federales y de los estados, con concesión federal	$ 90 000 000
Fábrica de gas para alumbrado y calefacción	$ 10 000 000
Fundiciones metalúrgicas del "Boleo", Monterrey, San Luis Potosí, Aguascalientes, Torreón, Velardeña y Cananea, que salvaron al país de la bancarrota en 1893 o causaron después su progreso	$ 40 000 000
Establecimiento de tranvías en todas las ciudades de la República, menos en el D.F.	$ 14 000 000
Instalación de alumbrado eléctrico en la ciudad de México y servicio telefónico	$ 12 000 000
Total	$ 286 000 000
Obras del gobierno contratadas con capitalistas extranjeros, a satisfacción de la opinión pública	
Obras del puerto de Veracruz, ejecutadas por la casa Pearson	$ 33 000 000
Contratos de Pearson, relativos a Tehuantepec y puertos terminales	$ 104 000 000
Obras de desagüe del Valle de México	$ 14 000 000
Construcción y equipo de 18 mil kilómetros de vías férreas de concesión federal	$ 500 000 000
Obras del saneamiento del puerto Veracruz	$ 4 000 000
Obras del puerto de Tampico	$ 6 000 000
Obras de saneamiento de la ciudad de México	$ 6 000 000
Total	$ 667 000 000
Obras de la administración, ejecutadas por la administración y aprobadas por la opinión pública	
Obras de pavimentación de la ciudad de México, rebajando el exceso de pago	$ 8 000 000
Obras de distribución de aguas para la ciudad de México	$ 12 000 000
Monumento consagrado a la Independencia en la ciudad de México	$ 1 500 000
Obras efectivas de secación y regadío en Chapala	$ 2 700 000
Construcción de escuelas en el Distrito Federal	$ 2 500 000
Teatro de la Gran Ópera en la ciudad de México hasta 1911	$ 11 000 000
Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas	$ 3 800 000
Edificio de Correos	$ 3 500 000
Palacio Legislativo	$ 8 000 000
Obras contratadas por "Porfirito" rebajando el exceso de pago	$ 3 000 000
Hospital General y otros edificios	$ 6 000 000
Nueva Cámara de Diputados	$ 280 000
Telégrafos en toda al Reública, teléfonos, faros y edificios de la Federación fuera del D.F.	$ 12 000 000
Penitenciaría del Distrito Federal, ex aduana de Santiago Tlatelolco y monumento a Cuauhtémoc	$ 4 600 000
Costo de expropiación de terrenos para la Gran Ópera y en Paseo de la Reforma	$ 5 200 000
Transformación del bosque de Chapultepec en uno de los paseos mejores del mundo y expropiación de terrenos	$ 400 000
Total	$ 82 480 000

Fuente: F. Bulnes, *El verdadero Díaz y la Revolución*, pp. 113-116.

al sistema de alumbrado de la misma ciudad, e incluso a las instalaciones del mineral del Oro.

Ahora bien, dado que este libro está dedicado a la ingeniería civil mexicana, no tiene mayor sentido pormenorizar las obras que se llevaron a efecto durante el porfiriato bajo la dirección técnica de personal y empresas extranjeras. Me limitaré —para tener un referente y ofrecer una idea de las técnicas que prevalecían entonces— a presentar una visión sintética de dos de las construcciones más emblemáticas de la época: el puerto de Veracruz y el desagüe del Valle de México. Hay que subrayar el hecho de que en ambos casos el proyecto de ingeniería definitivo fue concebido por mexicanos.

> El Puerto de Veracruz, antes de la ejecución de las obras que actualmente existen, apenas merecía el nombre de puerto, pues no solamente no presentaba abrigo a las embarcaciones, sino que al contrario, las que lograban atracar en el pequeño muelle fiscal que entonces existía, en cuanto era anunciado el mal tiempo preferían levantar anclas y entrar al mar para *capear allí el temporal*.[145]

El texto anterior, fechado en agosto de 1910, ponía de manifiesto el estado de las obras que hasta entonces se habían efectuado.

En efecto, antes de la compañía Pearson se habían sucedido diversos proyectos para beneficiar el puerto: en 1881 el ingeniero James Eads propuso un esquema de rompeolas, dique y muelles, que fue modificado más adelante por otro ingeniero, E. Thiers. Estos proyectos sirvieron de base, con algunas importantes modificaciones, para la versión definitiva, que sería encargada por la entonces recién creada Secretaría de Comunicaciones al ingeniero mexicano Emilio Lavit.

El proyecto se componía fundamentalmente de seis partes: la base sería la construcción del rompeolas en la parte noroeste, hacia San Juan de Ulúa, para realizar el cierre del llamado "Canal del Norte". A continuación se programó la construcción de otros

145 "Memoria descriptiva del Puerto de Veracruz. Agosto 1910", AHPM, 1910, I-304, exp. II, p. 1.

dos rompeolas, uno para unir la tierra firme con el arrecife de la Lavandera, al sureste, y el otro, que daría protección a la parte noreste, hacia el arrecife de la Gallega. El tercer elemento sería la construcción de dos malecones, el muro de contención y un muelle de acero. El cuarto consistiría en el dragado de toda el área protegida, hasta con 8.5 metros de profundidad y de hasta 10 en las zonas de muelles. El quinto sería el relleno de los terrenos ganados detrás de los malecones y, finalmente, el conjunto de obras interiores. En un documento fechado en enero de 1900 y firmado por Juan M. del Campo con el título de "Memoria núm. 1 del Puerto de Veracruz", se dice: "Como se ve, con el proyecto definitivo queda el Puerto perfectamente protegido, tanto de las olas como de los azolves debidos a las corrientes".[146] La compañía Pearson se sujetó cabalmente al proyecto de Lavit y las obras fueron inaguradas el 6 de marzo de 1902.

Las primeras obras que se habían intentado en el rompeolas noroeste, que de alguna manera era la columna vertebral del proyecto, produjeron una socavación que hizo variar la profundidad de 8 a 18 metros, según el inspector de las obras. Este error en el modo de disponer del trabajo sirvió de experiencia para la ejecución de los demás rompeolas, en los cuales se procedió primero a tirar una cama de piedra en toda la longitud de la obra, formando un cimiento que impidiera la socavación de la arena; la capa tuvo unos dos metros de espesor. Después se continuaba el trabajo sobre esa primera capa, ampliándola y elevándola hasta una altura de unos tres o cuatro metros más debajo del nivel de marea baja.

La piedra fue llevada en ferrocarril desde la cantera de Peñuela, a unos 100 kilómetros de distancia del puerto, y después trasladada en lanchones y descargada por gravedad. Después se colocaron bloques de concreto de 35 toneladas, con ayuda de la grúa "Titán", arrojados a "fondo perdido" sobre la cama del enrocamiento y del lado del mar, formando un talud exterior. Sobre éstos se construyó el coronamiento con una elevación de cuatro a cinco metros sobre el nivel de marea baja.

146 "Memoria núm. 1 del Puerto de Veracruz. Enero de 1900", AHPM, 1900, I-267, exp. 18, p. 6.

Después se procedió a la construcción del malecón. Se hizo un dragado en el sitio, por medio de buzos con una cama de concreto bien nivelada de dos metros de espesor, y sobre esa capa se colocaron bloques de concreto hasta una altura de medio metro sobre marea baja, y se concluyó la obra por medio de concreto puesto en el sitio, y con rocas de Peñuela, haciendo el parámetro al mar, de granito de Noruega. El malecón alcanzó unos tres kilómetros de extensión, y una parte de la arena dragada del puerto se arrojó en ese lugar como relleno, formando una superficie de unas 100 hectáreas como terreno ganado al mar.

Como complemento de las obras se construyeron los faros. Cabe añadir aquí que desde la creación de la Dirección General de Faros, en la administración porfiriana, había en México un total de 12 faros, y desde entonces y hasta 1910 se contabilizaron 162, entre faros, balizas y demás señales luminosas.

La técnica aplicada en el rompeolas que se construyó en la parte noroeste de la bahía de Veracruz sirvió de modelo para otras obras, como en el caso de Salina Cruz.

Para concluir con esta parte, expondré algunos de los elementos más importantes de las obras de desagüe del Valle de México, que, como se ha señalado en diversas ocasiones, constituyeron un verdadero hito de la administración porfiriana. Lo primero que hay que resaltar es lo relativo a la integración de la junta que administró los trabajos entre 1886 y 1900, fecha en la que se concluyeron. Este aspecto ofrece particular interés, porque los dos organismos que años más adelante se encargarían de la promoción de las dos grandes áreas en las que se desarrolló la ingeniería civil tienen a esta junta como claro antecedente. En todos los casos ponen en relieve la importancia de sus funciones dentro de sus respectivos esquemas de la administración pública.

A comienzos de 1886 fue designada la junta directiva, según atribuciones del Ejecutivo Federal, de la manera que sigue: presidencia: general Pedro Rincón Gallardo; vocales propietarios: José Yves Limantour, Francisco Rivas, Agustín Cerdán y Casimiero del Collado, y como suplentes: Francisco Somera, Manuel A. Campero, Luis

G. Lavié, Pedro del Valle y Luis García Pimentel.[147] Fue revestida de amplias facultades en materia financiera, organizativa e incluso técnica, con un elevado margen de autonomía, inusual dentro de la administración porfiriana, poniendo con ello en evidencia la necesidad de contar con un instrumento de gestión rápida y eficiente. Como señala Manuel Perló, la junta

> operó en forma ágil, sin la rémora de una pesada burocracia y con plena autoridad para manejar los fondos y tomar las decisiones importantes. Entre sus tareas estaban las de celebrar contratos con proveedores y empresas contratistas, gestionar empréstitos, efectuar licitaciones en el extranjero para adquirir maquinaria, negociar con propietarios del suelo la compra de sus terrenos, tramitar ante las autoridades correspondientes todos los permisos necesarios para la rápida marcha de las obras, y muchos más.[148]

La Junta Directiva de los Trabajos y Administrativa de los Fondos del Desagüe quedó formalmente instalada el 9 de febrero de 1886, y tomó posesión de las obras iniciadas con anticipación, las cuales por cierto eran mínimas. En lo que se refiere al proyecto, después de los intentos fallidos que venían sucediéndose desde la época de Juárez, y tomando como referente un proyecto elaborado entonces por Francisco de Garay, se optó por la propuesta del ingeniero Luis Espinosa, quien había sido nombrado director interino de las obras en el año 1879. El proyecto presentado por Espinosa era en realidad muy similar al original de Garay: un canal a cielo abierto, el túnel y el tajo. En 1881 Espinosa sucedió en el cargo a Garay como director general, y con ello se consolidó la versión definitiva.

Por su parte, la lista de los contratistas que intentaron desde un principio encargarse de la obra dio comienzo con una empresa mexicana, la de don Antonio Mier y Celis, en 1881. Más adelante, con la

147 Todos ellos gente de plena confianza de Díaz, ligados al Ayuntamiento y al mundo de los negocios. Los dos más importantes: Rincón Gallardo, quien había sido presidente del Ayuntamiento y gobernador del DF, y José Yves Limantour, entonces un joven abogado con fuertes aspiraciones políticas, relacionado con personajes como Manuel Romero Rubio.

148 M. Perló Cohen, *op. cit.*, p. 87.

convocatoria que emitió la junta en 1886 para las obras del túnel, se presentaron cuatro: la Bucyrus Construction Co. de Ohio; Pierre Louis Buette de París; los señores Crowson Smith y Hennessy & Humphreys de San Francisco, y otro grupo mexicano representado por Orozco e Hidalgo, propuesta esta última que fue rechazada de entrada por no cumplir con las condiciones estipuladas. A comienzos de 1888 la junta firmó el primer contrato con la Bucyrus, que había propuesto una serie de reformas al proyecto de Espinosa, que a la postre fueron rechazadas.

Durante todo 1887 se habían conseguido mantener activos a diversos grupos de operarios en la construcción del túnel, en la perforación de las lumbreras y en la excavación del canal, pero los trabajos avanzaban a un ritmo demasiado lento e inaceptable para las exigencias de la junta. Semejante problema fue analizado y se llegó a la conclusión de que a los operarios les faltaba capacitación para una tarea de esas dimensiones y complejidad. En enero de 1888 llegó el ingeniero Leon Derote, de origen belga, lo que significaba una virtual descalificación no únicamente de la participación de Espinosa, sino incluso del trazo original que éste había defendido. La propuesta de Derote incluía fuertes modificaciones al túnel de Tequixquiac, que fueron aprobadas por la junta y por la misma Secretaría de Fomento.

Pero el ingeniero Espinosa no se resignó con tal situación y pronto presentó un detallado estudio en donde impugnaba las modificaciones propuestas por el ingeniero belga. Después de múltiples discusiones, la junta acordó solicitar un dictamen a terceros, elección que habría de recaer en los ingenieros Manuel Gorgollo, Leandro Fernández y Roberto Gayol. Este dictamen fue favorable a la postura de Espinosa y Derote se vio compelido a dejar la dirección de las obras y el país. El mismo Gayol comentaría más tarde su beneplácito por la intervención de Espinosa, empleando las siguientes palabras:

> El Sr. Espinosa, tan modesto como sabio, basó sus ideas en observaciones científicas y no en fantásticas hipótesis. Con serenidad y juicio examinó el proyecto de 1856 del Señor Garay, y el trazo de las obras

comenzadas en 1866 por el Señor Iglesias. Discutió los gastos y volúmenes de agua a que había que dar salida fuera del Valle.[149]

La reelección de Díaz en 1888 fue otro elemento significativo en la manera en la que se llevó a efecto la obra del desagüe; en este punto no se puede menos que coincidir con las apreciaciones de Manuel Perló en cuanto a que

> el desagüe era una obra muy compleja, costosa y de larga duración que requería un apoyo permanente, abundante y de largo plazo. Hasta el momento ninguna institución nacional o local había demostrado capacidad para lograr lo anterior y la única posibilidad real para alcanzar la meta parecía inevitablemente asociada a la presencia de un solo hombre asentado en el poder para el tiempo necesario para su conclusión.[150]

Todas esas vicisitudes debieron sortearse para dar forma definitiva y viabilidad a aquella obra de ingeniería, ya con la compañía inglesa Pearson. Resulta del mayor interés observar la cantidad de variables y ajustes que intervinieron para una construcción de tal magnitud, pues es evidente que en múltiples sentidos la concurrencia de dichas variables habría de repetirse años más tarde, cuando se puso en marcha el gran programa de construcción de presas y carreteras. En esta perspectiva, el fundamento meramente técnico constituyó apenas el punto de partida para tan ambiciosos proyectos. Al respecto dice Priscilla Connolly:

> Como obra de construcción, el Gran canal del desagüe era poco complejo. Esencialmente la labor fue remover tierra y llevarla a una distancia no menor de 30 metros. Las profundidades a excavar varían de aproximadamente ocho a casi 22 metros. La excavación incluyó dos tipos de tareas, cada una de las cuales se sujetaba a una lógica de producción distinta. En términos económicos, la tarea más importante

149 R. Gayol, "Breve reseña de las obras del desagüe del Valle de México", *AAIAM*, 1902, X, p. 273.

150 *Op. cit.*, p. 114.

fue la excavación mecánica, por medio de dragas, de 7 106 400 metros cúbicos. Para poder flotar las dragas, sin embargo se tuvo que excavar a mano una profundidad de dos a tres metros. [...] También fue necesario excavar manualmente el tramo del canal comprendido entre el kilómetro 0 y el kilómetro 9, por su poca profundidad y por el carácter movedizo del suelo. En total, 4 762 800 metros cúbicos fueron excavados a mano. Como trabajos complementarios a las excavaciones, fue necesario nivelar el fondo y los taludes y revestirlos con mampostería. Estas tareas se realizaron esencialmente a mano, aunque se empleó un Ledgerwood Cableway para auxiliar el trabajo manual de colocar la tierra a la distancia requerida. Además de la excavación, a la S. Pearson & Son. se le encargó el tendido de un ferrocarril a lo largo de doce kilómetros del canal, para entroncarse con los ferrocarriles Mexicano, Hidalgo y el ramal de Zumpango. El contrato incluyó también la construcción de 22 puentes y acueductos para contar con diversas vías terrestres y cauces sobre el canal. Este número de *obras de arte* se redujo a tres acueductos, dos puentes de ferrocarril y dos puentes para los caminos a Veracruz y a Cuautitlán, respectivamente.[151]

En efecto, cuando en 1889 se publicó la convocatoria para acometer la parte principal del Gran Canal, la junta decidió a favor de Weetman Pearson, quien habría de tener tan gran influencia en los años que restaban a la dictadura porfiriana. "El motivo explícito de la contratación de Pearson fue su capacidad técnica y organizativa para realizar la excavación mecánica. Es ahí donde se emplearían las innovaciones de proceso aportadas por el empresario inglés, y es ahí donde se puede observar la plena operación de la lógica de producción capitalista."[152] En todo caso, coincidiendo de nuevo con Perló, podemos decir que, aunque la realización efectiva de esa importante construcción corrió a cargo de contratistas extranjeros, "debe recordarse que la concepción original, el diseño y la supervisión de la obra fue responsabilidad y mérito de varias generaciones de ingenieros y técnicos mexicanos".[153]

151 P. Connolly, *op. cit*, p. 288.

152 *Loc. cit*.

153 M. Perló Cohen, *op. cit*, p. 209.

La terminación de las obras de desagüe dio lugar a un magno festejo y a la elaboración de un acta que fue firmada por Porfirio Díaz y redactada en los siguientes términos:

> En el desemboque del Túnel de Tequixquiac, Municipalidad del mismo nombre, Distrito de Zumpango, Estado de México, las personas invitadas a la comida que se sirvió en este lugar, hoy diez y siete de marzo de mil novecientos, de común acuerdo y con el mayor entusiasmo, resolvieron levantar la presente acta, con el objeto de celebrar el fausto acontecimiento de la terminación de las Obras del Desagüe del Valle de México; obras emprendidas según el plan que concibió en el siglo diez y siete Don Simón Méndez, modificadas y ampliadas siglos después en proyectos presentados por hábiles peritos; llevadas a debida ejecución por la iniciativa del Señor General Don Pedro Rincón Gallardo, Ingeniero Manuel M. Contreras y demás miembros del Ayuntamiento de mil ochocientos ochenta y cinco; impulsadas por nobles y levantados sentimientos del Señor General D. Porfirio Díaz, Presidente de la República, administradas con la mayor eficacia y honradez por la Junta Directiva, instalada el año de mil ochocientos ochenta y seis y concluidas bajo la acertada e inteligente dirección del Señor Ingeniero Don Luis Espinosa, obras magnas y benéficas que libertarán a México de inundaciones y mejoran las condiciones higiénicas de la Capital y su Valle.[154]

Desde el punto de vista de los profesionales del gremio, la obra realizada enaltecía la capacidad técnica de la ingeniería mexicana. Así lo hizo ver el ingeniero Manuel María Contreras en el homenaje que la Asociación de Ingenieros y Arquitectos le tributó a Luis Espinosa el 25 de abril de 1900, después de la solemne inauguración de las obras de desagüe en el Salón Principal de la Escuela Nacional de Ingenieros:

> La obra del Desagüe general y directo del Valle de México exigida por sus condiciones topográficas, desde que se fundó la Ciudad, cuyo proyecto definitivo formuló el Sr. Espinosa [ingeniero de Minas] en Septiembre de 1879 y que con algunos perfeccionamientos ideados por él

154 "Acta. 17 de marzo 1900", AHPM, 1900-I-267, doc. 6.

> ha llevado a término, servirá para gobernar las aguas de los lagos y de los ríos del Valle, se convertirán en aguas corrientes las estancadas en los pantanos; los residuos de nuestras habitaciones, que se acumulaban en el vaso de Texcoco, incesantemente transportados por las aguas de los manantiales de los Lagos del Sur, saldrán fuera del Valle; desaparecerán, en lo sucesivo, las molestias y los perjuicios ocasionados por las inundaciones, que fue el anhelo de nuestros antepasados; es la base de diversas mejoras sobre irrigación y canalización que sucesivamente irán realizándose con notable provecho, y es cimiento de la obra de Saneamiento de la Ciudad de México, coronación de la del Desagüe del Valle, y la cual ya está ejecutándose bajo la dirección y conforme al proyecto formado por mi distinguido discípulo el Sr. Ingeniero D. Roberto Gayol.[155]

Aquí cabe subrayar de nuevo que, aparte de Espinosa, varios ingenieros mexicanos participaron en esos trabajos, como Francisco de Garay, Miguel Iglesias, Ricardo Orozco, Ángel Anguiano, y Fernández Leal, entre otros, como después lo harían personajes de la importancia de Gayol en las obras de drenaje.

Poco después de la inauguración, la propia naturaleza se encargaría de probar la efectividad de esas obras. En su informe de septiembre de 1904 el general Díaz mostró así su satisfacción: "El gran Canal, el Túnel y el Tajo de Tequisquiac del Desagüe del Valle de México han funcionado con regularidad, a pesar de la excepcional temporada de aguas. Sin el auxilio de estas construcciones hubiera sido difícil la situación del Valle, especialmente en la Ciudad de México."[156] El beneplácito por la culminación del proyecto está bien reflejado en las palabras del ingeniero José Ramón de Ibarrola, en un trabajo presentado en ocasión de los festejos del centenario de la Independencia:

> *Grande* he llamado a la Obra del desagüe directo que ha convertido la cuenca cerrada de Anáhuac en valle abierto; grande la llamo por lo que es en sí, y aún más por sus consecuencias; porque sin ella no

155 "Acta de la sesión solemne verificada el 25 de abril de 1900 en honor del Sr. Ing. D. Luis Espinosa", *AAIAM*, 1900, IX, p. 63.

156 "Informe leído ante las Cámaras Legisladoras por el C. Presidente de la República, el 16 de septiembre de 1904", *BIP*, diciembre, 1904-marzo-junio-julio, 1905, p. 12.

hubiera sido posible llevar a cabo el saneamiento de la ciudad, ni su pavimentación, ni la obra actual de la provisión de aguas potables, y no terminan ahí sus beneficios.[157]

Aparte de ferrocarriles, puertos y el desagüe del Valle de México, otras obras de menor importancia fueron logradas durante el porfiriato. De éstas, acaso la de mayor interés para el desarrollo de la ingeniería local fueron las obras de drenaje, en donde destacó la contribución del ingeniero Roberto Gayol. Al fallecimiento de este ilustre ingeniero, fue publicada una nota necrológica en febrero de 1936, que describió así el proceso:

> El Sr. Ingeniero D. Manuel Ma. Contreras, que a la sazón era el Regidor de Obras Públicas, encomendó a Gayol que estudiara cómo debían ser las atarjeas definitivas de la Ciudad, para que todo lo que se construyera en lo sucesivo siguiera un plan definitivo y científico. Gayol llegó a la conclusión de que era imposible comenzar la construcción de las atarjeas definitivas, mientras no se ejecutaran las obras del Desagüe General del Valle y por esto el Sr. Contreras tomó tanto empeño en que dichas obras se llegaran a realizar, después de cuatrocientos años de inútiles esfuerzos para conseguirlo, que al fin, por una lucha titánica, tuvo la satisfacción de verlas concluidas. Mientras tanto, en 1886, hizo Gayol un viaje a los Estados Unidos y estudió prácticamente los sistemas de desagüe de S. Luis Mo., Chicago, Boston, Providence, New York y Filadelfia, entablando honrosa y utilísima amistad con distinguidos ingenieros sanitarios como Mr. Rudolph Hering, Samuel Gray y Eliot C. Clarke.[158]

En 1903 el gobierno organizó la administración pública de la ciudad de México, por medio de una comisión formada por el gobernador del Distrito, el presidente del Consejo Superior de Salubridad y un director general de Obras Públicas, cargo este último para el que fue designado Gayol, a partir del 1° de julio de 1903.

157 J. R. de Ibarrola, *op.cit.,* p. 18.

158 "Página Necrológica. Ing. D. Roberto Gayol", *RMIA*, XIV, 2, febrero, 1936, pp. 109-110.

Gayol tuvo también participación en las cuestiones de pavimentación. La ciudad de México, que contaba ya, según el censo de 1895, con 331 781 habitantes, comenzaba a experimentar retos técnicos por el empleo de sistemas de transporte modernos, combinados con los tradicionales:

> Tal como se presenta la cuestión hoy en el día consiste en establecer en todo el ancho de la calzada una superficie de naturaleza uniforme y que, por lo mismo, debe ser tan apropiada para facilitar el rodamiento de los vehículos como para servir de apoyo a los animales de tiro al ejercer su esfuerzo de tracción. Entre todos los cuerpos que existen en la naturaleza, no hay ninguno que satisfaga a las opuestas condiciones que sería necesario que tuviese para producir un buen pavimento, y mucho menos para producirlo tan económicamente como lo exige la circunstancia de que en cualquiera ciudad importante es enorme la superficie de las calles.[159]

La alternativa sugerida por Gayol era la de un sistema mixto que usara acero como superficie de rodamiento, y empedrados para los cascos de los animales. Otro ingeniero —M. Téllez Pizarro, contemporáneo suyo— proponía el empedrado como elemento único.

El tema de los pavimentos fue adquiriendo importancia entre ingenieros y administradores, habida cuenta de que empezaba a propagarse el uso del automóvil. En agosto de 1900 Ezequiel Ordóñez, quien ocupara la presidencia de la Sociedad Antonio Alzate, descalificaba los sistemas empleados (se estaban utilizando empedrados combinados con madera), arguyendo tres razones: la naturaleza y carácter del suelo; la clase de material empleado; la construcción misma de los pavimentos, y añadía:

> La compresibilidad y elasticidad del suelo, tan funestas para la conservación del buen estado de los pavimentos de piedra, podría disminuirse bastante empleando como subpiso una capa de material distinto [...] El decoro de una ciudad que se precia de ser culta, su densidad de

159 R. Gayol, "Reflexiones acerca de los sistemas de pavimentos", *AAIAM*, 1989, II, pp. 14-19.

población, las exigencias de mucho tráfico, el aseo, etc. nos ponen en la necesidad de consagrar más atención a este asunto.[160]

Al tomar cartas en el asunto, el Ayuntamiento se decidió por la pavimentación con lámina de asfalto. A tal efecto, hizo una convocatoria en septiembre de 1899, llamando postores para realizar los trabajos de pavimentación, con el requisito de que fueran compañías establecidas y hubieran realizado la pavimentación de al menos otras dos ciudades en el extranjero; se presentaron entonces cuatro posturas: The Barber Asphalt Paving Company, The Assyrian Asphalt Company, The Neuchatel Asphalt Company Limited, y la de los señores Mc Ilvvaine y Unkefer Pratt.

Así, en el informe presidencial de 1910 se daba cuenta de lo siguiente:

> las obras públicas de la capital han continuado en su incesante progreso. Se han construido cerca de cinco mil metros de atarjeas y cerca de ochocientos de albañales. Se construyeron más de catorce mil metros cuadrados de banquetas. Los pavimentos de asfalto se aumentaron en cerca de veintisiete mil metros cuadrados, en quince mil los de macadam y casi en diez mil los de asfaltóleo sobre empedrado, siendo éste un ensayo interesante que, si da resultado, permitirá que a poco costo se mejoren considerablemente los pavimentos de la capital.[161]

En cuanto a la construcción reconocida como "arquitectura", Katzman[162] calculó que de los edificios importantes que se construyeron entre 1810 y 1910, dos terceras partes fueron construidas en los últimos 20 años, es decir, alrededor de 1 090 edificios. El inventario incluye edificios eclesiásticos, casas particulares, almacenes, fábricas y haciendas. El mismo Katzman señala que "antes del porfirismo y debido a la pobreza del erario, los edificios construidos para oficinas de gobierno, escuelas y hospitales son muy escasos. Muy

160 E. Ordóñez, "La cuestión de los pavimentos de la Ciudad de México", *AAIAM*, IX, 1900, p. 145.

161 "Informe del C. Presidente de la República. 1910", *BIP*, julio-diciembre, 1910, p. 55.

162 I. Katzman, *Arquitectura del siglo XIX en México*, p. 19.

frecuentemente se hicieron semiadaptaciones de conventos, seminarios y hasta iglesias, para escuelas, bibliotecas, hospitales, etc".[163] Predominan sin embargo los edificios públicos: monumentos simbólicos y funcionales para alojar los nuevos quehaceres de la esfera pública:

> En los últimos años del gobierno del general Díaz, cuando se pensó en que una prosperidad material lo justificaría todo, aun a los ojos de la oposición más radical, se trató de dejar un *testamento de piedra*, y se emprendieron obras arquitectónicas en gran número e importancia. Casi todas ellas se confiaron —para ser proyectadas y construidas— a extranjeros. Las poquísimas que fueron a manos mexicanas, se encomendaron a ingenieros militares.[164]

Los edificios mayores se contrataron a ingenieros o arquitectos, algunos de ellos extranjeros: para la cimentación y obra metálica del Teatro Nacional (Bellas Artes), se contrató la firma neoyorquina Milliken Bros; la construcción de la Secretaría de Comunicaciones se le encargó al arquitecto italiano Silvio Contri; la del edificio de correos, a otro italiano, Adamo Boari.

La influencia extranjera se hizo sentir no sólo por la presencia de profesionistas entrenados en otros países y por la adopción de estilos arquitectónicos de ultramar, sino también porque se importaron nuevas tecnologías y elementos de construcción: fierro colado, ingeniería sanitaria, concreto, etcétera. Un ejemplo de ello lo constituye el Museo del Chopo, terminado en 1910, a cargo de la Buimeister y Ruelas.

Acerca del asunto de las cimentaciones en la ciudad de México —otro de los retos técnicos que enfrentaron los ingenieros y arquitectos de la época—, vale la pena comentar la réplica que mereció de parte de ingenieros mexicanos una propuesta formulada en 1900 por un norteamericano de prestigio internacional y miembro de diversas asociaciones gremiales en su propio país, así como en Londres y París, el ingeniero consultor J. A. L. Waddell:

163 *Ibidem*, p. 17.

164 "¿Conviene crear una Facultad de Arquitectura?", *BU*, I, 1, diciembre, 1917, p. 301.

> Durante los últimos doce meses [dijo el norteamericano] he tenido ocasión de estudiar las condiciones especiales del suelo de la ciudad de México, con relación a la construcción de edificios grandes y de importancia, con el resultado de que he ideado una manera nueva de poner cimientos, que, en mi opinión, es la única que dará seguridad aquí a las construcciones pesadas, no solamente contra el hundimiento desigual, sino también contra los perjuicios causados por los temblores.[165]

El contenido de la propuesta desechaba el uso de pilotajes, ya que "no se pueden usar pues no hay tierra firme; la capa dura no se debe remover", de tal manera que dicho sistema debía, a su entender, ser sustituido por un sistema a base de vigas entrecruzadas y el empleo de acero. La lacónica respuesta corrió a cargo del ingeniero Covarrubias, durante una sesión de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos; después de aclarar que había hecho un análisis sobre la propuesta de Waddell —quien además había afirmado que los ingenieros mexicanos no prestaban suficiente atención al asunto de las cimentaciones—, dijo que el sistema ya era bien conocido en México y se había puesto en práctica varias veces.[166]

De esta manera, cuando los *Anales de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas* apareció por vez primera en enero de 1902 (primer año, primer semestre), para completar y divulgar la información de las tareas encomendadas a tal Secretaría —creada en 1891— en forma distinta y más accesible que las memorias, el universo comprendido originalmente por esta publicación daba cuenta de obras ejecutadas en puertos, faros, ríos y canales, ferrocarriles, carreteras, formación de planos exactos del litoral, trabajos de desecación o saneamiento, y la descripción de monumentos públicos.[167]

Como detalle curioso, y dentro del renglón de obras que no se llevaron a efecto, cabe mencionar la consideración que, con motivo

165 J. A. L. Waddell, "Cimientos para edificios importantes en la Ciudad de México, con especial referencia al nuevo Palacio Legislativo", *El Nacional*, 26 de marzo, 1900, p. 1.

166 "Acta de la sesión del 28 de marzo 1900", *AAIAM*, IX, 1900, p. 26.

167 "Prólogo", en *Anales de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas*, I, 1, 1902, p. ii.

del éxito en las obras de drenaje de la capital, se plantearon algunos contemporáneos acerca de la construcción de un metro, según se constata en una nota de *El Imparcial* en septiembre de 1897: "Si cuando se termine la colosal obra de drenaje de la ciudad, el tráfico ha aumentado, entonces sí se podrá construir una vía de comunicación subterránea, que siempre es preferible a una vía elevada que dan mal aspecto a las calles de la ciudad."[168]

168 "Ferrocarriles subterráneos", *El Imparcial*,10 de septiembre, 1897, p. 3.

II. EL PAPEL DEL ESTADO EN EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CIVIL

Dentro de los cambios efectivos que acontecieron a consecuencia de la Revolución Mexicana se hallan algunos que tuvieron impacto directo en el desarrollo de la ingeniería civil. Se trata de factores exógenos que en sentido estricto resultan ajenos al ámbito epistémico de esa disciplina, pero que devinieron en determinantes para explicar su desarrollo.

En términos generales, podemos afirmar que de la dinámica revolucionaria emergieron condiciones que exigieron una promoción cuantitativa y cualitativa de la infraestructura, efecto de un nuevo pacto político y de la búsqueda de alternativas al proceso de acumulación vigente durante la dictadura. Ambos elementos se fueron configurando a raíz de la desintegración de la gran propiedad porfiriana y de la puesta en marcha de una reforma agraria que solicitaba optimar la producción y activar y diversificar la actividad comercial con base en la apertura de nuevas vías de comunicación.

La primera manifestación de la nueva perspectiva política —en cuanto a la esfera de la ingeniería civil se refiere— se verificó en torno a una creciente demanda de contenidos prácticos en la formación profesional y en los desempeños de la disciplina. Esta exigencia se hacía patente mientras el aparato administrativo del Estado iba tomando distancia de las facetas militares para adentrarse en esquemas institucionales complejos y comprometidos con lo que se ha denominado "la reconstrucción", que es una expresión que alude a las maneras de viabilización de patrones de acumulación diferentes a las del porfiriato. El punto determinante de este proce-

so sería la creación de las comisiones nacionales de Caminos y de Irrigación. La circunstancia histórica fue determinante, no sólo en cuanto a la puesta en marcha del ambicioso programa de construcción de carreteras y presas, sino por la vocación nacionalista del Estado, que se tradujo en una transferencia de la responsabilidad y ejecución del programa de los contratistas extranjeros a constructores mexicanos.

Este grupo de elementos exógenos que dieron impulso decisivo al desarrollo de la ingeniería civil, queda acabalado con los instrumentos de financiamiento, que también fueron iniciativa del Estado y sin los cuales no se habría accedido al plano de las realizaciones.

El nuevo régimen: perspectivas para el desarrollo de la ciencia

Haciendo gala de una precisión que parecería avalar los comentarios de André Breton sobre el surrealismo en México, la revolución estalló justamente en la fecha prevista en el artículo séptimo del Plan de San Luis: "El 20 de noviembre, desde las seis de la tarde en adelante, todos los ciudadanos de la República tomarán las armas para arrojar del poder a las autoridades que actualmente gobiernan."[169] La convulsión iniciada entonces se extendería hasta por siete años, cuando la entrada en vigor de un nuevo orden constitucional puso de manifiesto la consumación de un nuevo equilibrio político y de una nueva relación de fuerzas, lo que desde luego impactó el conjunto de actividades sociales en el país, la práctica de la ingeniería civil incluida.

La historiografía actual dedicada al tema de la Revolución ha alimentado la tesis de que en realidad los cambios ocurridos a consecuencia de este evento histórico fueron menores, y se conservaron inercias del porfirismo apenas matizadas. Según concluye un estudio reciente sobre el tema:

169 *Plan de San Luis, ed. de homenaje a la memoria de d[on] Francisco I. Madero en motivo del XXII aniversario de la Revolución Mexicana*, México, Departamento del Distrito Federal, 1932.

> Durante muchos años la historiografía principalmente política de la Revolución dibujó un país que se alimentó de política y de guerra, que dejó de producir y que emprendió una trayectoria económica y social una vez vencidos los enemigos internos y externos. [...] A fines de la década de los setenta John Womack ponía el dedo en la llaga, resaltando las importantes lagunas historiográficas que existían sobre la economía durante la Revolución. Cuestionaba el supuesto de que todo había cambiado, de que la economía se había paralizado, de que los nuevos actores económicos sustituyeron por completo a los anteriores, así como de que el impacto económico de la Revolución fuera homogéneo en términos sectoriales o regionales.[170]

Por otro lado, interpretaciones como la de Tobler destacaron la función del ejército como actor fundamental del proceso; por su parte, la de Katz llamó la atención sobre el papel decisivo de las presiones extranjeras. En algunos puntos estas visiones se contraponen, pero parecen hallar coincidencia en cuanto a que son mayores los elementos de continuidad que de ruptura.

Un aspecto de particular importancia para el tema que nos ocupa es el de la relación entre continuidad y cambio durante y después del proceso revolucionario, porque es en este eje donde se produce y se explica el fenómeno del desarrollo de la ingeniería civil. La inercia del aparato económico, la estructura distributiva, el régimen de propiedad y particularmente lo que algunos autores han denominado "la Integración Vertical Política entre empresarios y gobierno",[171] mantenida antes y después del porfiriato, sumados y articulados con nuevas disposiciones en el orden de un capitalismo más dinámico, más incluyente, más nacionalista, y con algunas reivindicaciones populares incorporadas,[172] parece ser el conjunto

170 A. Gómez Galvarriato, *Industrialización, empresas y trabajadores industriales del Porfiriato a la Revolución: la nueva historiografía*, p. 13.

171 S. Haber, A. Razo y N. Maurer, "The politics of property rights: political inestability, credible commitments and economic growth in México, 1876-1929" (mimeo.), *apud*: A. Gómez Galvarriato, *op. cit.*, p. 15.

172 No se debe subestimar en este sentido el impacto de la Primera Guerra Mundial y de la Revolución Rusa.

de elementos de donde emergió la necesidad de impulsar la creación de infraestructura, y de que tal impulso se centrara en manos mexicanas. En todo caso, fue el resultado de las cuotas de fuerza evidenciadas en la contienda, sometidas a filtros de conveniencia y posibilidad política que poco tuvieron que ver con un programa o con objetivos doctrinales:

> Los cambios vinieron por la buena o por la mala,[173] imprevistos y sin planeación, especialmente por parte de los protagonistas principales. […] Las masas no podían ser ignoradas, pero podían ser integradas dentro de un Estado más fuerte y más estable que el de Díaz; y hacia tal fin, el régimen asumió las demandas, los mitos y los símbolos del movimiento popular, y los tejió juntos dentro de su propio estatismo desarrollista.[174]

Una revolución burguesa que dejó casi intacta la estructura distributiva de la riqueza, el régimen de propiedad y la existencia de un poder omnímodo y dictatorial, en donde la base de aglutinación se logró —como en el porfiriato— por medio de un complejo sistema de complicidades, sin participación efectiva de la sociedad en la toma de decisiones. Desde luego, conservó también intactas las condiciones de dependencia y subdesarrollo. En el texto que prologa *La Revolución Mexicana* de Jean Meyer, Luis González, aludiendo a Enrique Florescano, lo sintetiza así:

> la revolución no fue un corte de los procesos del siglo XIX, sino una continuidad de los mismos; no rompió el proceso capitalista; no fue una lucha de los desposeídos contra los propietarios, sino una contienda privada por el poder; el nacionalismo, más que unificar las divergencias que dividían a la nación y forjarle a ésta una identidad, fue un instrumento ideológico manipulado por el gobierno contra sus enemigos […] y las presiones del exterior.[175]

173 *Willy-nilly* es el término en el original.

174 A. Knight, *The mexican revolution, 1. Porfirians, liberals and peasants*, p. 527 (la traducción es mía).

175 En J. Meyer, *La Revolución Mexicana*, p. 8.

Otro de los textos de la nueva historiografía especializada, el de Luis Medina Peña, *Invención del sistema político mexicano*, expone las siguientes conclusiones:

> la Revolución mexicana tuvo en común con las revoluciones clásicas el ejercicio de la violencia y también la alteración de la constitución vigente por medios no previstos por ella. Pero aquí terminan las similitudes porque esos cambios no tocaron la esencia del régimen político. De hecho, lo que la Revolución mexicana trajo consigo fue la adecuación tanto del régimen como del sistema político de acuerdo con las condiciones sociales y políticas que había provocado la Revolución misma. El Congreso Constituyente de 1917 introdujo en el texto constitucional una serie de novedosas disposiciones que si bien no cambiaron la esencia del régimen, le daban a éste, en cambio, una fuerza que nunca había tenido.[176]

Desde luego el debate en torno a estas cuestiones permanece abierto. Es de esperar nuevas aportaciones que amplíen, ajusten, corroboren o refuten esos planteamientos, lo cual no corresponde a las intenciones del presente trabajo. Lo que sí cabe aquí es atender aquellos aspectos del proceso que incidieron en el desarrollo de la ingeniería civil una vez consumada la Revolución. Esta explicación deberá partir del reconocimiento de las condiciones generales del nuevo régimen para después enfocar lo específico. En esta perspectiva general, podemos observar que prevalecieron las bases de un modelo capitalista de acumulación, con modificaciones menores que incluyeron la participación de nuevos agentes (particularmente estratos de una burguesía más dinámica y moderna que la que ostentaba el poder durante el régimen anterior y un campesinado beneficiado de forma parcial con una reforma agraria de corto alcance) y de un aparato de Estado con rasgos dictatoriales, dotado con poder discrecional y armado sobre la base de cuotas de poder y compromisos políticos. La polarización social y los mecanismos de dependencia

176 L. Medina Peña, *Invención del sistema político mexicano. Forma de gobierno y gobernabilidad en México en el siglo XIX*, p. 332.

estructural con el exterior (en especial con Estados Unidos) fueron también características que quedaron vigentes. La ciencia y la tecnología permanecieron dentro de este marco general sin una función importante en los procesos de acumulación y, por consiguiente, sin vías para un desarrollo similar al de las naciones industrializadas, ni estímulos equivalentes a los que se aplicaron en esquemas de planificación centralizada, como ocurrió en la Unión Soviética.

¿Qué fue lo que cambió? Dejando de lado un análisis que se encuentra más allá de los objetivos de esta investigación, habría que decir que, dentro de los cambios efectivos consumados después del proceso revolucionario, algunos tuvieron un impacto decisivo en el desarrollo de la ingeniería civil. Tal dinámica no incluyó a los demás campos del quehacer científico y tecnológico y, de hecho, ni siquiera a todas las demás ramas de la ingeniería. Adelantando una conclusión que intentaré fundamentar a continuación, diré que la perspectiva de desarrollo para la ingeniería civil obedeció a dos cuestiones fundamentales: por una parte, la modernización de una estructura económica perfilada de acuerdo con intereses de un grupo de propietarios que dentro del régimen porfiriano habían sido mantenidos al margen de los grandes privilegios, y por otra, las obligadas concesiones económicas y políticas que los vencedores militares hubieron de otorgar a la participación popular. Éstas fueron resultado no de una acción preconcebida, sino producto de las condiciones concretas que habían hecho posible la caída de Díaz y después la de Huerta. Se trata de una síntesis pragmática y no de un programa. En palabras de Jean Meyer, el resultado se resume así:

> El periodo 1914-1920 transcurre sin resolver la conquista de la independencia económica, ni la expulsión de los intereses extranjeros, ni la reforma agraria (a pesar del "gran miedo" los campesinos no llegaron a hacer la guerra a los *castillos*, y la revancha social no pasó los límites de la apropiación momentánea de algunas haciendas por parte de algunos jefes villistas y zapatistas). Se realizó un cambio caricaturesco de las estructuras económicas de 1910, así como la prosecución en el desarrollo del sector de exportación: minas, petróleo y productos agrícolas; el hundimiento de la agricultura de subsistencia. Se logró acabar

con la oposición entre los intereses americanos y europeos, con lo que se agravó más todavía la dependencia frente al exterior.[177]

Pero a pesar de semejante inercia de continuidad y del consiguiente anquilosamiento de las actividades científicas y tecnológicas —permanentemente desarticuladas del aparato productivo—, dentro del grupo de transformaciones que aportó el movimiento armado se encuentran algunas que causaron impacto decisivo en el ámbito de la ingeniería civil. En lo que atañe de manera directa a esta práctica, las cuestiones fundamentales se refieren al surgimiento de una modalidad de producción agraria y otra de tenencia de la tierra, derivadas ambas de la fragmentación de los grandes latifundios porfirianos, lo que en su momento exigió una infraestructura diferente a la que se había realizado antes de la Revolución, y que se expresó en la construcción de comunicaciones terrestres y de obras de riego y generación eléctrica; es decir, de carreteras y de presas, todo ello aderezado con un discurso populista y nacionalista. En el terreno de los hechos, el reparto agrario impactó al emblemático sistema ferroviario de Díaz, que desde 1884 había implicado el abandono de la construcción de caminos; y esa misma atomización de las unidades productivas hizo necesaria la incorporación de recursos —el agua, de forma principal— que no eran indispensables para la explotación extensiva característica del régimen anterior. En un sentido más que metafórico, podemos decir que, en términos de infraestructura, la Revolución sustituyó con carreteras y presas a los ferrocarriles y los puertos.

El hecho de que tales reacomodos fueran más el efecto de componendas y conveniencias políticas que de objetivos programáticos permite acotar los alcances y las formas de desarrollo de las prácticas ingenieriles. No se trata —hay que insistir en ello— de una promoción de la ciencia y la tecnología en general, sino del aprovechamiento de una práctica específica. El impacto de la Revolución en ramas más vinculadas con la industria, como la química, la mecánica, e incluso la eléctrica, fue mucho menor que en las relacionadas con la

177 J. Meyer, *op. cit.*, p. 114.

ingeniería civil, si bien la propia mecánica del desarrollo profesional y la plataforma institucional y académica sobre la que se verificó aportaron beneficios para el conjunto de las ingenierías. También es importante subrayar que el despegue de la ingeniería civil se materializó sobre bases asentadas durante el siglo XIX, particularmente por el fomento a la enseñanza especializada, que había sido decidido en las postrimerías de la dictadura.

No se trata, en consecuencia, de un impulso generado por la propia inercia de la ingeniería civil traducida en ejercicio constructivo, sino de un impulso inducido desde fuera. Las condiciones de excepción impuestas por la violencia habrían de romper una tendencia evolutiva con énfasis en lo teórico que había cobrado forma e impulso ya durante el porfiriato, para, en cambio, ocuparse de determinadas soluciones inmediatas que afectaron, durante ese tiempo, más la faceta constructiva que los contenidos meramente epistemológicos de la profesión; pero tales prácticas se redujeron a atender una infraestructura de guerra, que, por lo demás, se redujo a obras de muy poco significado técnico. Las exigencias planteadas por la circunstancia determinaron que se priorizara entonces el desarrollo de construcciones de apoyo a las tareas militares, desatendiendo la construcción de obras de servicio civil y en particular de aquellas vinculadas con una economía productiva. Algunos aspectos de esta actividad profesional que apenas despuntaban en las postrimerías del gobierno de don Porfirio, como es el caso de las construcciones a base de concreto armado, quedaron virtualmente frenados.

Pero los efectos de la Revolución en el campo de la ingeniería civil fueron mucho más allá de las aplicaciones durante el proceso y de las consecuencias a corto plazo. De hecho, la caída del régimen del general Díaz y el advenimiento de otra estructura de poder, que se vio obligada a buscar y gestar bases de consenso y alianzas diferentes a las que operaban en la dictadura porfiriana, fueron sucesos que abrieron una nueva perspectiva favorable para la historia de la ingeniería mexicana, en sentido cuantitativo y cualitativo. Esta nueva perspectiva se apoyó, desde luego, en la obra precedente; en lo que a ingeniería se refiere, en el conjunto de saberes y de experiencias acumuladas en un espacio institucional, la Escuela Nacional de

Ingenieros. Y no se trató, en este sentido, de una creación *ex nihilo*; las realizaciones concretas llevadas a efecto por la dictadura porfiriana, en particular en el terreno de la formación profesional de los ingenieros, así como varias de las prácticas laborales y formas de organización de éstos, no sólo constituyeron un punto de partida sólido y efectivo que fue cabalmente aprovechado a favor del impulso renovado, sino un antecedente que se profundizó manteniendo en gran medida una solución de continuidad.

La función del Estado como estructurador del desarrollo de la ingeniería civil fue una condición de base que se mantuvo después de concluida la lucha armada; de tal suerte que las modificaciones que operaron en este campo a partir de 1917, dentro del esquema del nuevo régimen, respondieron no al impulso endógeno de la disciplina o de su propio mercado profesional, sino a un factor exógeno constituido por las mismas formas de apuntalamiento llevadas a la práctica por el poder público. Lo que cambió, dicho de una manera simplificada, no fue la dinámica interna en la práctica misma de la ingeniería, sino el grado de disposición del Estado, decidido a servirse de los beneficios potenciales de la ingeniería para favorecer la realización de un determinado patrón de acumulación:

> El nuevo Estado autoritario y centralizado, se expandió, siguiendo la huella de su predecesor porfiriano, creando condiciones para la acumulación privada de capital en tanto que buscaba regular las relaciones entre las distintas clases sociales en beneficio de ese capital. Como Estado *activo* trataría de corregir, a través de nuevas políticas e instituciones, las deficiencias del modelo porfiriano. La *meta*, expresada por la mayoría de los dirigentes revolucionarios, era el establecimiento de una economía nacional autónoma, capaz de crear bienestar general.[178]

Bajo tales circunstancias, la creación de infraestructura cumpliría una función estratégica. Uno de los ingenieros que más tarde ha-

178 A. Tovar, "Historia de la ingeniería civil en México", en Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, II, p. 490.

brían de participar en la gran obra constructiva a partir de los años veinte, lo expresaría de esta manera:

> La irrigación de las tierras no es un fin en sí mismo. Lo que se pretende alcanzar con ella es, en último análisis, un fin social: mayor bienestar y riqueza de la población del país, producidos por la abundancia de los frutos de la tierra que le sirven de sustento y de medio de cambio por otros artículos necesarios para su comodidad y su recreo.[179]

Diversas variables explicativas están implicadas en esta consideración general acerca del papel del Estado. La primera de ellas alude a una incapacidad intrínseca de desarrollo de la disciplina sin el concurso de éste. Tal circunstancia no fue privativa del contexto mexicano ni de otros similares por la posición en la estructura de la división internacional del trabajo, dado que en otros casos de economías de vanguardia dentro del capitalismo ocurrió lo propio, es decir, se supeditó el desarrollo de la ingeniería civil a la realización de obra pública emprendida por y desde el poder público. La École Polytechnique, fundada en 1794 en Francia,[180] o la US Military Academy at West Point, que fueron instituciones pioneras en cuanto a la profesionalización de la ingeniería,[181] lograron viabilidad merced a la gestión estatal; si bien en tales casos ese impulso inicial cedió pronto terreno a la gestión de los particulares, o bien se combinó con ella para una mecánica de transferencia de dicho impulso, tanto en el campo de la investigación como en el de la construcción, es decir, tanto en la teoría como en la práctica. La cuestión es que, en

179 J. Sánchez Mejorada, "Organización, actividades y proyectos de la Comisión N. de Irrigación", *RMIA*, IV, 11, 15 de noviembre, 1926, p. 557.

180 Uno de los estudios más sugerentes sobre el papel del Estado en el desarrollo de la ingeniería civil en una tradición clásica, el libro de Terry Reynolds, en la parte dedicada al siglo XIX, dice: "The origin of the French engineering tradition, the older of the parents of American engineering, lay in the rise of a strong national monarchy in the 16th and 17th centuries. The centralized bureaucracy and tax-collection systems established by the French monarchy made possible a greatly enlarged, permanent military, which provided the first major employment base for engineers". Tomado de Terry S. Reynolds, *The engineer in America: a historical anthology from technology and culture*, pp. 7- 8.

181 *Ibidem*, p. 19.

principio, la intervención del Estado ha sido históricamente imprescindible para conferir viabilidad al desarrollo de la ingeniería civil.

En el caso mexicano, tal función, como dispositivo de arranque, se encontraba resuelta antes del estallido revolucionario. La dictadura porfiriana había construido una plataforma que facilitaría el desarrollo posterior de actividades científicas, aunque, como bien afirma uno de los trabajos recientes en el campo de la historia de la ciencia, "Díaz no era ni partidario ni enemigo de las ciencias, ni de sus practicantes, obviamente; lo que sí pretendía era que contribuyeran a la gobernabilidad del país".[182] Esta perspectiva sufrió en realidad pocos cambios con el triunfo revolucionario, si bien las condiciones de "aprovechamiento" de la ciencia en favor del control político y de algunas facetas necesarias para la reconstrucción económica, y para nuevas bases de acumulación, fueron distintas. Así, las transformaciones políticas, económicas y sociales derivadas de la gesta, materializadas en el programa impuesto por las facciones vencedoras, no incluyeron condiciones estructurales para un desarrollo autónomo y, por ende, no posibilitaron la realización de ciencia y tecnología al estilo de las tradiciones liberales. El desarrollo, e incluso hasta la propia existencia de ciencia y tecnología, siguió supeditado a la intervención del Estado. La ingeniería civil no fue la excepción en este sentido; pero sí lo fue en tanto que formó parte de una prioridad de la gestión pública que se valió de una disciplina científico-tecnológica, no específicamente por sus contenidos epistemológicos, sino por sus efectos prácticos, y la favoreció con formas de tutelaje especiales, y con mecanismos de promoción a través de articulaciones funcionales con el aparato productivo, aunque los canales de transferencia de esa función motriz hacia la "iniciativa privada" se limitaron a condiciones de operatividad.

Enfocado desde la óptica de una historia social de la ciencia, el idilio entre el Estado posrevolucionario y la ingeniería civil revela connotaciones políticas más que económicas, si nos atenemos a la

182 J. J. Saldaña, "La ciencia en el cajón. Un tema para la sociopolítica de la ciencia en América Latina", en F. Lazarín Miranda (ed.), *Memorias del primer Coloquio Latinoamericano de Historia y Estudios Sociales sobre la Ciencia y la Tecnología,* pp. I-XXV.

diferencia formal entre lo público y lo privado, dejando claras las relaciones de dependencia. El fomento y aprovechamiento de la ingeniería civil, llevados a efecto de conformidad con la función que el desarrollo de la infraestructura estaba llamado a cumplir dentro de las estrategias y modalidades en el proceso de acumulación que fue desplegado en forma concreta en el país después de la caída del régimen de Porfirio Díaz, fue una decisión de Estado. Claro, en sentido estricto, la configuración del Estado, desde el triunfo constitucionalista, fue en sí mismo un dispositivo en el proceso de acumulación, por lo que sus "decisiones" se encontraban ya implicadas en esa función. Un estudio reciente, dedicado a las relaciones del poder en el ámbito de la técnica, define el asunto de la siguiente manera:

> la decisión personal del *Príncipe* no cambia por su carácter el curso de la Historia —como se ha creído a menudo en una versión voluntarista de la historia humana— porque el carácter del *Príncipe* está ligado a su posición: no toma una decisión como individuo, sino por estar colocado en el lugar en que se halla.[183]

El programa nacional que cobró forma durante y después del Congreso Constituyente de Querétaro no obedeció a la inventiva de caudillos y funcionarios, ni menos a la plataforma doctrinal de un partido, sino que fue una respuesta pragmática a las circunstancias, revestida —eso sí— de argumentos ideológicos.

Se trata, en suma, de una decisión de Estado en el marco de una renovación del sistema político, económico y social, entendiendo aquí por Estado su definición más amplia, como el conjunto de instituciones públicas que permiten la gobernabilidad de la colectividad comprendida en un mismo territorio. Por ello, el contenido explicativo de tal decisión deberá partir de una caracterización del programa nacional con el cual el nuevo Estado se encontró comprometido y dentro del cual la construcción de infraestructura cobra sentido. Parece evidente que las acciones emprendidas por el poder público para amoldarse a las circunstancias se vieron sujetas en cada caso a

183 L. Sfez, *Técnica e ideología. Un juego de poder*, p. 99.

una lógica consecuente con modalidades de acumulación determinadas por las maneras concretas de distribución del poder. Andrés Molina Enríquez, en su clásico trabajo sobre los "grandes problemas nacionales" —elaborado, como sabemos, en las postrimerías del porfiriato— se refirió, por ejemplo, a las obras de infraestructura en materia de irrigación, indispensables en el marco de una economía fundamentalmente agraria, con este comentario de gran agudeza:

> no creemos ocioso advertir, que a menos de caer en uno de los errores que señalamos a la prematura acción federal, todo favorecimiento a la irrigación, debe ser precedido de la repartición de la propiedad grande [...], porque de otro modo, todo trabajo que se haga, irá a dar por resultado el reforzamiento de esa propiedad.[184]

Molina Enríquez, cuya contribución crítica sería aprovechada en la elaboración de la Ley del 6 de enero de 1915, y más tarde en la redacción del texto constituyente, aludía con esta clase de observaciones a una lógica de funcionamiento contundente: las políticas desplegadas en materia de inversión pública, en particular en infraestructura, fueron diseñadas en correspondencia con un modelo de acumulación específico.

Una de las conclusiones centrales en el amplio estudio de Alan Knight dedicado a la Revolución resume así el problema: "La hacienda ejerció una influencia decisiva en los patrones mexicanos de desarrollo económico y representó el fracaso más destacado en la estrategia porfiriana de modernización."[185] En efecto, el radio de alcance de los afanes de la dictadura en pro de la "modernización" —entendida, desde luego, en sus acepciones capitalistas clásicas— se vio invariablemente restringido por ese elemento determinante, recrudecido por la incapacidad de ampliar los márgenes del privilegio concentrado, con el consiguiente enorme campo de exclusión. Es por ello que las grandes obras de infraestructura de ese periodo se verificaron en áreas bien circunscritas, ligadas a los esquemas pre-

184 A. Molina Enríquez, *Los grandes problemas nacionales*, p. 271.

185 A. Knight, *op. cit*, p. 101 (la traducción es mía).

valecientes de acumulación: puertos y ferrocarriles, para los sectores destinados a exportación de materia prima, y la magna obra del desagüe para una metrópoli en la que se concentraba el poder político y económico; completan el cuadro las obras suntuarias y algunas obras menores de servicio público. Todas ellas —debe aclararse— llevadas a efecto con el concurso de empresas extranjeras que eventualmente emplearon y aprovecharon las habilidades de ingenieros mexicanos, pero que a final de cuentas se reservaron los dividendos no sólo económicos (acaso con la excepción de la gran obra del desagüe de la ciudad de México). Bulnes, crítico muy radical de la administración del general Díaz, de plano descalificó lo que algunos han pretendido ver como una era de "modernización" en México: "La dictadura porfirista no tuvo obra económica; la *casualidad* se la regaló dirigida por la diosa fortuna, que, desde el año 1876 hasta 1910 fue la fiel y abnegada barragana del general Díaz."[186]

Está claro que la obra pública en la que tenían injerencia los ingenieros no contaba con potencial expansivo debido a la renuencia a fomentar esquemas participativos en la concentración del privilegio y, más aún, a la preservación de una planta productiva tradicional en donde la emergencia y el impulso a sectores más dinámicos fue muy eventual, y en donde, además, las tareas constructivas se asignaban preferentemente a extranjeros. "En vísperas de la revolución no había indicadores de que la estrategia porfiriana de desarrollo no iba a continuar como lo había hecho por décadas, ni de que el régimen no iba a persistir con su 'Revolución desde arriba', buscando la modernización sin cambios paralelos en la estructura social agraria."[187] Ésta es, en mi opinión, la razón central que da cuenta de los alcances de la ingeniería civil que se desarrolló durante el porfiriato y —en idéntica lógica— de la que se desarrolló después de la revolución.

La idea de una política de bienestar que incluyese a un sector más amplio que el que había sido beneficiado durante el porfiriato, asociado a un nuevo concepto de modernidad, se hizo presente ya desde la Ley expedida el 6 de enero de 1915. Jesús Silva Herzog

186 F. Bulnes, *op. cit.*, p. 219.

187 A. Knight, *op. cit*, p. 102.

destaca el hecho, por ejemplo, de un decreto reglamentario expedido el 3 de diciembre de 1915 por Salvador Alvarado, gobernador de Yucatán, que pone de relieve el espíritu revolucionario que campeaba entre los jefes más prestigiados del movimiento iniciado por Madero, al disponer la entrega de 20 a 25 hectáreas de labor "a todo mexicano avecindado en Yucatán" que quisiera dedicarse a la agricultura, y de 200 hectáreas de terrenos para pastos.[188]

Esta tendencia fue consumada al abrirse las deliberaciones del Congreso Constituyente convocado por Carranza en Querétaro el primero de diciembre de 1916, en cuya sesión inaugural, en un discurso dedicado a argumentar la necesidad de reformas a la Constitución de 1857, el propio Carranza afirmó:

> este progreso social es la base sobre la que debe establecerse el progreso político; porque los pueblos se persuaden muy fácilmente de que el mejor arreglo constitucional, es el que más protege el desarrollo de la vida individual y social, fundado en la posesión completa de las libertades del individuo, bajo la ineludible condición de que éste no lesione el derecho de los demás.[189]

La ingeniería civil durante la Revolución

Las dificultades inherentes a las condiciones de excepción impuestas por el estallido revolucionario tuvieron desde luego impacto en la obra pública. Problemas agudos de orden administrativo, crisis en las finanzas federales, conflictos de intereses entre los grupos revolucionarios, una agenda demasiado recargada de asuntos urgentes y, en fin, toda la serie de dificultades que se presentaron al gobierno de Madero y subsecuentes, se vieron reflejados de forma inevitable en los asuntos de la gestión pública y en particular en el ramo de infraestructura.

188 J. Silva Herzog, *El pensamiento económico, social y político de México 1810-1964*, p. 490.

189 *Cincuenta discursos doctrinales en el Congreso Constituyente de la Revolución Mexicana, 1916-1917*, p. 37.

En tales condiciones, la obra llevada a efecto en materia de infraestructura en los seis años de violencia fue más bien escasa y guarda poca relación con lo acontecido posteriormente, a no ser por el creciente prestigio ganado por la Escuela de Ingenieros. La obra emprendida por ingenieros militares fue de escasa significación y de utilidad inmediata; en una nota de prensa publicada en 1918 se hizo el siguiente comentario relativo a esa circunstancia: "La fiebre constructora desarrollóse en una época aciaga para los constructores civiles y bonacible para los ingenieros militares, que usurparon el dominio de los arquitectos y levantaron edificios que no descuellan precisamente por su buen gusto."[190] Durante el interinato de Francisco León de la Barra, siendo secretario de Fomento Manuel Calero, y de Obras Públicas, Manuel Bonilla, se le dio continuidad a proyectos ya puestos en marcha antes de la caída de Díaz, como las obras de saneamiento de la ciudad de México para ensanchar el colector y las atarjeas, así como los trabajos de prolongación del Gran Canal; se emprendieron estudios para el encauzamiento de las aguas del río Colorado, con la participación de la Secretaría de Relaciones Exteriores, y las obras de defensa de la rivera derecha del Bravo. Otras iniciativas, como la urbanización de las colonias De la Bolsa y Morelos, en el Distrito Federal, así como reparaciones en los caminos que comunicaban a esa capital con Cuernavaca, Toluca, Tlalnepantla y Pachuca, fueron llevadas a efecto "especialmente por la necesidad de dar empleo al mayor número de brazos".[191] Los trabajos clasificados dentro del ramo de obras públicas se completaron con el aumento en menos de 100 kilómetros de la red ferroviaria de jurisdicción federal y con pequeñas inversiones en telégrafos y correos.

Más adelante, ya en la administración de Madero, fue creada la Inspección de Caminos, Carreteras y Puentes, "en vista de que las grandes carreteras de la República han quedado abandonadas",[192] que se circunscribió a iniciar la elaboración de un diagnóstico de la

190 R. M. Campos, "Entre dos lunes", art. cit.

191 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 8. Las comunicaciones*, p. 130.

192 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 9. La obra pública*, p. 122.

red de carreteras y a algunas intervenciones menores en las vías que comunicaban a la capital con Puebla, Acapulco, Veracruz, Toluca y Pachuca; realizar algunos contratos para la expansión de los ferrocarriles, como la línea Veracruz-Matamoros y tramos cortos en Michoacán, Guerrero, Durango y Tabasco, así como el proyecto de un tren eléctrico entre México y Puebla; dar mantenimiento a algunos puertos y muelles, la colocación de faros en el litoral del Golfo y la construcción de edificios, incluido un programa de escuelas según decreto del 1 de julio de 1911. Finalmente, dio atención a los trabajos requeridos para facilitar la navegación interna entre el río Pánuco y el Tuxpan, enclave estratégico por los yacimientos de petróleo. En el Distrito Federal se realizaron obras de alcantarillado y dotación de agua, y se prosiguió con el descenso del fondo del Gran Canal.

A pesar de que la mayor parte de estos programas no pudieron ser consumados debido a que prosiguió la secuela de violencia, se adoptaron medidas que fueron configurando las bases institucionales de la política en desarrollo de infraestructura. Los compromisos sociales que se encontraban contenidos en el Plan de San Luis y ratificados en el programa del Partido Constitucional Progresista, y sobre los cuales poco después ejercerían fuerte presión determinados grupos que habían sido protagonistas en el derrocamiento de la dictadura, comenzaban a configurar una línea política que habría de prevalecer una vez superada la convulsión. Tales compromisos o, si se quiere, tales demandas en las que insistieron diversas fracciones y que fueron apoyadas por varios de los ideólogos del nuevo régimen, se constituyeron en el basamento sobre el cual se desplegaría poco después la enorme tarea de obra pública. Así ocurrió con la mencionada Inspección de Caminos, Carreteras y Puentes, antecedente de la Comisión Nacional de Caminos, y luego con la creación de la Comisión Nacional Agraria en septiembre de 1911, "con el objeto de procurar la reducción a propiedad particular de los terrenos de la nación y proteger a los pequeños propietarios y poseedores y a los vecinos de los pueblos".[193] Este organismo preveía dentro de sus

193 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 10. La obra hidráulica*, p. 56.

funciones "los medios más adecuados para llevar a cabo el riego".[194] Desde luego, la carencia de recursos y todas las demás dificultades que se encontraban presentes en la escena nacional, minimizaron el alcance de estos dispositivos, pero el germen para el posterior despliegue de realizaciones vinculadas con la ingeniería civil estaba ya presente.

Los párrafos que aparecen a continuación están extraídos de un documento fechado el 11 de junio de 1912, y se refieren a "la construcción de una inmensa presa, que será una de las principales de la República".[195] Aunque se trata de un proyecto cuya materialización fue entorpecida y postergada por las circunstancias, resulta muy revelador en cuanto a los procedimientos que se estaban ensayando para la realización de obras de infraestructura de cierta escala, "inspirándose no en el negocio sino en el amor a la Patria, cuya paz en estos momentos con urgencia requiere la ejecución de estas obras".[196] El proyecto, calculado para almacenar 70 millones de metros cúbicos de agua en el Cañón de Fernández, Municipio de Huichapan, había sido arreglado entre particulares y con un plan de financiamiento por medio de bonos emitidos por el gobierno del estado de Hidalgo:

> Lo particular del caso es que ni la H. Asamblea Municipal de Huichapan ni el Ejecutivo del Estado tendrían que desembolsar ni un centavo para el pago de esos $740 000.00, pues según cálculos minuciosamente hechos, la Presa producirá anualmente $200 000.00 y como los bonos para el capital, que será pagado en 50 años, comenzarán a devengarse cinco años después de la fecha en que esté concluida la Presa o sea cuando ya esté en plena producción y como los abonos el más cuantioso que será el primero no llegará sino a $50 000.00, resulta que la presa no sólo producirá por sí misma para pagar su importe sino que dejará un respetable excedente en pró del Municipio de Huichapan.[197]

194 *Loc. cit*.

195 "Carta dirigida a la Sra. Sara Pérez de Madero", AGN, Fondo Francisco I. Madero, 159.2, exp. 004684, 11 de junio, 1912.

196 *Loc. cit*.

197 *Ibidem*, p. 2.

En otra de las obras de gran calado, concebida ésta directamente por el gobierno federal, se evidenció de nueva cuenta la necesidad de experimentar con alternativas de financiamiento para alcanzar metas asumidas como "de importancia" y para las cuales las condiciones de liquidez del erario no eran satisfactorias. Así lo expuso Madero en el que sería el último de sus informes presidenciales, el 16 de septiembre de 1912:

> En el informe presidencial próximo pasado, el Ejecutivo dio cuenta al Congreso de la Unión del comienzo de las obras en la cuenca del antiguo lago de Texcoco, que tienen por objeto rescatar una gran extensión de terrenos, que después de ser fertilizados serán divididos, y dar al mismo tiempo una útil aplicación a las aguas que antes se desperdiciaban dentro del mismo Valle de México, y resolver un problema de higiene público de gran importancia para la ciudad de México, ya que se suprime el origen del polvo que procedente de esa región invade la capital. Teniendo en cuenta la importancia del proyecto, el Ejecutivo creyó conveniente después de consultarlo con varias opiniones técnicas sobre el asunto, llevarlo a cabo, para lo cual contrató un préstamo de tres millones ochocientos veintisiete mil cuatrocientos sesenta pesos cuarenta centavos en la Caja de Préstamos para Obras de Irrigación y Fomento de la Agricultura. Para mejor marcha de los trabajos y para facilitar la tramitación de ellos, se instaló una Junta Directiva, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones."[198]

Esta clase de tentativas estuvieron llamadas a conseguir un éxito muy limitado por razones bien sabidas. Pero lo que resulta interesante aquí es la manifestación de varios elementos que se constituirían en norma para los procedimientos relacionados con la ingeniería civil en los gobiernos consolidados que vendrían después. Las fórmulas experimentadas para la realización de obras públicas que además de su envergadura exigían de mucha agilidad en cuanto a los procedimientos y tiempos para su ejecución, estuvieron inspiradas en la empresa privada, esto es, dotadas de capacidad resolutiva directa (haciendo a un lado el enjambre de trámites

198 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 10...*, pp. 59-60.

burocráticos que eran característicos de las dependencias oficiales). Tal alternativa había sido aplicada en la construcción del Puerto de Veracruz, en el desagüe del Valle de México, en las obras de saneamiento y distribución de agua potable en la capital de la República, y ahora comenzaban a aplicarse en la construcción de caminos y en la obra hidráulica, esferas que habrían de constituirse precisamente en los ejes del desarrollo de la obra pública y, con ella, de la ingeniería civil. El modelo, como se constata, era de cuño porfirista, por lo que su carácter novedoso se refiere sólo a las dimensiones y a la cobertura así como también a la contratación de profesionales mexicanos.

Otra de las variables en donde se constata una línea de continuidad antes y después de la Revolución —a la que me he referido líneas atrás— es la de la educación profesional. En efecto, la atención con la que había sido privilegiada la Escuela Nacional de Ingenieros durante el gobierno del general Díaz no tuvo retroceso ni siquiera durante la administración de Huerta. Es obvio que dentro de las muchas condiciones heredadas del porfiriato, ésta fue de las que se conservaron intactas, por motivos que no incluyeron al conjunto de los planteles universitarios, lo que revela, desde este otro ángulo, la valoración de la ingeniería en la nueva perspectiva. En muchos sentidos se podría decir que la Revolución apenas si se dejó sentir en los planteles universitarios, que prosiguieron con su vida académica con muy escasa afectación por los acontecimientos.

El impacto de la Revolución en el devenir de la Escuela Nacional de Ingenieros apenas si es perceptible en determinadas "presiones" para ajustar sus enseñanzas a los requerimientos coyunturales. De mucho mayor significado, en cambio, resulta el ostensible apoyo a la continuidad de sus tareas. En este primer sentido, se pueden mencionar modificaciones a sus diseños curriculares sugeridos por la *superioridad*. Un oficio circulado de forma interna en el plantel, fechado en mayo de 1914, muestra la relación de asignaturas militares incorporadas al plan de estudios: Topografía Militar, impartida por los profesores Braulio Martínez y Silverio Alemán (dos horas a la semana); Caminos Estratégicos y Construcción Rápida de Puentes, por los profesores Carlos Daza, Fernando Dublán, Bartola Vergara y

Octavio Bustamante (dos horas a la semana); Empleo de Explosivos para Destruir Construcciones, a cargo de los profesores R. López, Antonio M. Anza, Severo Esparza, Ezequiel Pérez y Hermenegildo Muro (una hora y media a la semana); la misma asignatura, pero impartida por Claudio Castro con duración de dos horas a la semana; y Conferencias sobre Civismo, bajo la responsabilidad del profesor Luis G. Labastida (una hora a la semana).[199] Poco antes, en una junta de profesores del 27 de abril del mismo año, el director del plantel había pedido "que todos y cada uno de los profesores de la Escuela contribuyan a la defensa nacional",[200] lo que motivó algunas reticencias entre el magisterio, como en el caso de Sotero Prieto, quien respondió así a la solicitud: "desconoce completamente todo lo que se refiere al arte militar en sus distintas ramas [...], no es profesor de cosas generales sino de matemáticas superiores y su inteligencia no le permite estar cambiando constantemente de dirección".[201]

Por iniciativa de un grupo de alumnos de la Escuela, constituidos en Unión Estudiantil de Defensa Nacional según memorial del 24 de mayo 1912, se elaboró un Programa de Instrucción Militar para alumnos voluntarios que quedó a cargo del general de brigada Eduardo Paz.[202]

En otro sentido, el de la continuidad en el patrocinio oficial a las actividades universitarias, la decisión fue evidente desde los comienzos de la gestión presidencial de Madero: "las escuelas superiores y universitarias han recibido impulso y modificaciones, que sin duda redundarán en provecho de la educación que en ellas se imparte".[203] Las convulsiones que siguieron al asesinato de Madero y el régimen instaurado después de la Decena Trágica no alteraron esa perspectiva, como bien señala Garciadiego en su estudio sobre la Universidad de esa época:

199 AHPM, 1914-II-328, exp. 9, leg. 1.

200 AHPM, 1917-I-338, exp. 1.

201 *Ibidem*.

202 G. Herrera Sánchez, "La ingeniería en tiempos de la Revolución", *Ingenieros en la Independencia y la Revolución*, p. 38.

203 Secretaría de la Presidencias, *México a través de los informes presidenciales, 11. La educación pública*, p. 118.

> Considerando que se mantuvo al rector (Eguía Lis) y a los directores de Medicina e Ingenieros (Urrutia y Luis Salazar), y que se nombró a Julio García en Jurisprudencia, a Ezequiel Chávez en Altos Estudios [...] y a Miguel Ávalos en la Preparatoria, y considerando también que la Universidad Nacional sería apoyada económicamente por el gobierno, era predecible que ésta tendría un exitoso año académico. Obviamente la condición básica era la tranquilidad político-militar en la Ciudad de México, exigencia satisfecha, por lo que los resultados fueron positivos. Un ejemplo podría ser la Escuela de Ingenieros, cuyos estudiantes obtuvieron muy altas calificaciones en los exámenes de finales de 1913 y donde el número de solicitudes de inscripción para el curso de 1914 muestra que la escuela estaba sorteando la crisis mejor de lo que podría pensarse.[204]

De hecho, no sólo se prosiguió con el tutelaje a la Universidad, sino que en el caso de Ingeniería se fue avanzando en lo que sería su perfil una vez conjurada la violencia; así se constata en el siguiente documento:

> Secretaría del Despacho de Instrucción Pública y Bellas Artes. Sección Universitaria. Victoriano Huerta. Presidente Constitucional Interino de los Estados Unidos Mexicanos: En virtud de la autorización concedida al Ejecutivo por decreto de 17 de diciembre de 1913 [se expide] la Ley de la Escuela Nacional de Ingenieros. Plan de Estudios 1914 [...] Art. 16. La enseñanza impartida en la ENI, sin perder su carácter científico, deberá ser fundamentalmente práctica. En ese concepto los profesores no enseñarán ningún principio abstracto, sin que vaya acompañado de su aplicación inmediata. Se referirán siempre que sea posible a México, y tendrán como principal objeto inspirar en los educandos, más bien que el deseo de su mejoramiento individual, el de la explotación siempre creciente de la riqueza patria y el de su aprovechamiento para bien de todas las clases sociales. Los profesores cuidarán especialmente de desarrollar la educación en tal sentido e inculcarla con el ejemplo.[205]

204 J. Garciadiego, *Rudos contra científicos: la Universidad Nacional durante la Revolución Mexicana*, p. 240.

205 "Ley de la Escuela Nacional de Ingenieros", 20 de abril, 1914, AHPM, 1914-I-327, exp. 30, leg. 1.

En este punto podemos observar que, a pesar de la conmoción nacional ocasionada por los años de violencia que siguieron al huertismo, dos hechos favorecieron la rápida entrada en escena de la ingeniería civil una vez superada la etapa bélica: por un lado, el hecho de que, a pesar de todo, la economía no se colapsó. Este fenómeno lo describe Meyer de la siguiente manera:

> Aquellos años, especialmente de 1914 a 1918, fueron tiempos de destrucción y de ruina a niveles muy variables, según las regiones y sobre todo según los sectores económicos. La seguridad, la confianza y el crédito desaparecieron junto con la moneda y el sistema bancario, el ganado y los transportes; y sin embargo, cosa curiosa, en 1918 el PIB era más elevado que en 1910, lo cual contradice la experiencia material y cotidiana de la mayoría de la población que considera el porfiriato como la edad de oro. Las dos verdades no son contradictorias, la síntesis se deriva de la estructura de la economía mexicana, conservada y acentuada entre 1910 y 1920.[206]

Por otro lado, observamos también que la formación de ingenieros de nivel universitario no sólo no se colapsó, sino que incluso se vio fortalecida, asegurando además una vida universitaria en buena medida ajena a los trastornos revolucionarios. En este sentido, por ejemplo, Garciadiego llama la atención sobre cómo la institución sorteó momentos críticos:

> ¿Cuál fue el impacto, en términos académicos, de la alianza entre el gobierno de Huerta y la comunidad universitaria? En general, el resultado fue más que beneficioso. Para ello fue necesario que Huerta tuviera un proyecto educativo coherente, pues de otra manera este sector habría sufrido un período caótico, agitándose cada vez que el responsable de la Secretaría de Instrucción Pública o de la rectoría fuera sustituido, lo que aconteció varias veces durante el año y medio que duró el huertismo. Fue necesario también que Huerta apoyara a la Secretaría de Instrucción Pública y a la Universidad Nacional, lo

206 J. Meyer, *op. cit.*, p. 96.

> que hizo otorgando a la primera una posición fuerte ante el resto del gabinete, financiándolas generosamente y respetando las decisiones internas de la segunda.[207]

La actitud benevolente hacia la Escuela de Ingenieros no sólo se mantuvo en el régimen que sucedió al de Huerta, sino que se fortaleció, como lo hace constar en un Informe de 1917 el entonces director del plantel, ingeniero Mariano Moctezuma:

> Debo expresar que en la reorganización del plantel y durante el tiempo que llevo al frente de la Escuela, desde que se estableció en México el Gobierno Constitucionalista, éste no ha dejado de preocuparse por satisfacer todas las necesidades, tanto del orden moral como material, que se dejaban sentir más o menos intensamente en el establecimiento a mi cargo.[208]

El caso es que gracias a estas condiciones, que se conjugaron con una nueva perspectiva política favorable al desarrollo de la ingeniería civil, los ingenieros asumieron pronto un papel protagónico en la construcción —concebida en sentido amplio— del México posrevolucionario. A esto se refirió Carranza durante el informe presidencial de 1919, al declarar que

> la reconstrucción social operada en el país manifiéstase claramente en la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, no sólo por la labor de esta dependencia del Ejecutivo, sino por las instancias y peticiones que se reciben de diversas procedencias para la reconstrucción de los antiguos caminos, el mejoramiento de las calzadas del Distrito Federal, la reparación de vías herradas y apertura de otras, la dotación de luces y señales en los puertos, la expedición de la navegación marítima y fluvial y la ampliación de los servicios de correos y telégrafos.[209]

207 J. Garciadiego, *op. cit.*, 233.

208 "Oficio núm. 293. Informe del año escolar de 1917-1918", AHPM, 1917-III-340, exp. 18, p. 5.

209 Secretaría de Obras Públicas / Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 9. La obra pública*, p. 157.

Paralelamente a este sentido cuantitativo, se configuraba otro cualitativo, por el acento nacionalista depositado en las tareas constructivas. Ya en los albores del nuevo régimen se advierte con claridad esta tendencia en las varias solicitudes de concesión que presentaban diversas compañías, muchas de ellas petroleras, para construcción de infraestructura, en las que el Ejecutivo, a través de la secretaría respectiva, incorporaba la demanda siguiente: "el concesionario queda obligado a emplear de preferencia tanto en la construcción de las obras como en la explotación [de éstas] a ciudadanos mexicanos".[210] La perspectiva estaba abierta.

El triunfo del constitucionalismo, la configuración de un nuevo programa nacional y el papel de la ingeniería

Uno de los grandes estudiosos de la Revolución Mexicana, el profesor austriaco Friedrich Katz, sugiere que una causa determinante para este acontecimiento histórico derivó del hecho de que ciertos sectores sociales emergentes buscaban abrirse paso en un contexto político que estructuralmente se los impedía, a diferencia de otras circunstancias similares en la región latinoamericana en donde una mayor tradición parlamentaria facilitaba la movilidad de clases medias, aun cuando compartían condiciones de subdesarrollo y dependencia:

> La primera explicación que se nos ocurre es que la revolución mexicana fue parte de una tendencia más general que se estaba dando en las naciones latinoamericanas, cuyo desarrollo progresaba a un paso más acelerado, tendencia que en otros países de la región sólo asumió formas diferentes. Esta tendencia o movimiento consistía en el rápido desarrollo de una clase media que comenzaba a buscar mayor poder

210 El dato es parte de las cláusulas comunes de las concesiones otorgadas en esa época a través de la Secretaría. En este caso: "Contrato entre la Secretaría y la México Plantagen Gesellschaft mit beschraenkter haftung, para construir y explotar un muelle con sus vías correspondientes en la bahía de Puerto Ángel", *Diario Oficial*, 22 de octubre, 1917, p. 306.

político y económico a medida que aumentaba su número y su importancia económica.[211]

El mismo autor, argumentando esta hipótesis, señala que

> existía en la mayor parte de México una clase media insatisfecha que resentía el hecho de verse excluida del poder político y reducida a recoger sólo las migajas del auge económico y de que los extranjeros desempeñaban un papel cada vez más importante en la estructura económica y social del país. Sin embargo en ninguna otra región había crecido esta clase media con tanta rapidez como en el norte, y en ninguna parte había sufrido tantas pérdidas en un lapso tan breve. No sólo afectaron profundamente a la clase media norteña las crisis cíclicas de 1907, que golpearon más fuertemente al norte que a ninguna otra región, sino que este grupo sufrió también las mayores pérdidas políticas. En el siglo XIX, debido al aislamiento de los estados fronterizos, éstos habían gozado de cierto grado de autonomía municipal y regional, sin igual en el resto de México. Al afianzar allí su poder el gobierno federal, esta clase perdió parte de esos derechos tradicionales.[212]

Un estudio más reciente, el de Francisco Valdés Ugalde, describe el asunto de la siguiente manera:

> la consolidación de un sector empresarial moderno, con asiento principalmente en el norte del país, combinada con la *exclusión* de muchos de sus representantes de las viejas coaliciones locales y nacionales porfirianas, hizo que fuera en este sector en donde aparecieran las oposiciones que se convertirían en decisivas para el derrocamiento del antiguo régimen. En la coyuntura de 1909-1910 surgió un nuevo tipo de dirigente político. Su emergencia provenía de la estructura social que el porfiriato había contribuido a crear; pero que no había sabido asimilar. Uno de los grupos sociales claves en la estructura social estaba formado por empresarios agrícolas de diversos tipos, que variaban de acuerdo a la heterogeneidad regional del país. Nombres como

211 F. Katz, *De Díaz a Madero*, p. 10. Este texto es la versión corregida y aumentada de la introducción al libro del mismo autor, *La guerra secreta en México*, 1982.

212 *Ibidem*, p. 40.

> Madero, Maytorena, Carranza, Obregón y Calles son representativos de la importancia que estos grupos habían logrado o conseguirían en muy poco tiempo. Debido a la heterogeneidad de las diversas regiones, estos grupos tenían muchas diferencias entre sí, pero también algunas características en común. Entre estas últimas estaba la de no gozar de los beneficios de participar en la coalición gobernante, que incluían la participación en las decisiones políticas nacionales o regionales y la prosperidad de los negocios asociada a ella. [...] En suma, se trataba de sectores cuya importancia económica y social no se correspondía con el lugar que ocupaban en la estratificación de la élite.[213]

Al margen de convalidar esta interpretación, lo cierto es que el programa que prevaleció sobre posiciones más radicales ("Abolir ese principio [de la propiedad privada] significa el aniquilamiento de todas las instituciones políticas, económicas, sociales, religiosas y morales que componen el ambiente dentro del cual se asfixian la libre iniciativa y la libre asociación de los seres humanos que se ven obligados, para no perecer, a entablar entre sí una encarnizada competencia", proclamaba, por ejemplo, el Manifiesto del Partido Liberal Mexicano del 23 de septiembre de 1911)[214] fue favorable a la inclusión de sectores más dinámicos, dentro de un esquema que conservó el principio de propiedad privada en la versión de capitalismo dependiente, con ligeros reacomodos verificados principalmente en la vertiente populista y nacionalista, y en la base social de sustento a una nueva correlación de fuerzas. Esta nueva correlación habría de definirse a partir de la Convención de Aguascalientes:

> Los dos bloques de fuerzas estaban así frente a frente, la Convención contra el constitucionalismo. Y si bien sería la guerra entre ambos bloques la que decidiría el rumbo de la revolución y el destino particular de los vencedores y de los derrotados, buena parte del decisivo enfrentamiento militar dependería de la posibilidad que cada bloque tuviera para unificar a sus fuerzas en torno a lo que eran sus objetivos centrales. Éstos no se reducían a derrotar al otro bloque —éste era un paso

213 F. Valdés Ugalde, *Autonomía y legitimidad: los empresarios, la política y el Estado en México*, p. 97.

214 R. Flores Magón, *Vida y obra. Semilla libertaria*, I y II, p. 36. *Apud* J. Silva Herzog, *Breve historia de la Revolución Mexicana. Los antecedentes y la etapa maderista*, p. 240.

necesario pero no suficiente—, sino darle un contenido positivo y una estrategia global al proceso revolucionario.[215]

En efecto, en el ánimo de varios de los convencionistas en Aguascalientes se advertía la tendencia a radicalizar el acercamiento con las bases populares y la puesta en marcha de una política económica más incluyente, por encima de las reivindicaciones políticas que habían motivado a Madero. El inicial apoyo a la causa maderista y el posterior distanciamiento que de alguna manera posibilitó el golpe huertista, alentaban sin duda esa lectura. El general Daniel Cerecedo Estrada se refirió al asunto en los siguientes términos, precisamente en Aguascalientes, en noviembre de 1914:

> Los efectos de la tardanza en realizar las reformas económicas prometidas, fueron verdaderamente graves: el pueblo perdió la confianza en el Presidente Madero; el zapatismo pudo alegar razones que justificaban su actitud rebelde; surgió el orozquismo, cuya iniciación puede atribuirse a una ambición personal, pero cuya intensidad fue debida seguramente a la falta de cumplimiento de las promesas hechas.[216]

Así, los pronunciamientos ideológicos con los que se delineó un nuevo programa nacional no fueron en esencia efecto de posiciones doctrinales, sino la consecuencia de una serie de negociaciones y concesiones de carácter pragmático que se fueron resolviendo durante el proceso:

> El Plan de Guadalupe, en esencia, era sólo un llamado a restablecer la constitucionalidad abruptamente rota por el golpe de Estado huertista contra Madero. No reivindicaba el contenido popular que tuvo el movimiento maderista y que desencadenó la revolución; tampoco hizo suyos los principios políticos democráticos limitados que le habían dado al maderismo un apoyo de masas real. La única particularidad

215 F. A. Ávila Espinosa, *El pensamiento económico, político y social de la Convención de Aguascalientes*, p. 135.

216 D. Cerecedo Estrada, *Bosquejo del programa revolucionario que deberá desarrollar el gobierno preconstitucional*, p. 6.

> que reivindicaba era la defensa de las instituciones legales del gobierno maderista, y no en tanto que maderistas, sino por cuanto eran las instituciones legales. Esta reivindicación de la institucionalidad hacía énfasis en la defensa de la Constitución vigente —de ahí deriva su nombre el movimiento—, y durante toda la primera etapa ese marco constitucional fue uno de los instrumentos utilizados por la dirección del movimiento para mantener a éste bajo su control. Sólo las necesidades posteriores de la expansión de la lucha popular contra el huertismo, la incorporación de otros sectores y la radicalización a nivel nacional del movimiento campesino, impusieron a los jefes constitucionalistas la necesidad de plantear modificaciones a la Constitución de 1857.[217]

Es importante destacar que los autores de los cambios políticos de mayor envergadura tuvieron como referente no tanto sus propias y personales convicciones, sino las de sus adversarios constituidos en tales después del golpe de Huerta, y que ello ocurrió merced a las posiciones de fuerza y al nivel de participación efectiva mostrados durante la revuelta. Dichos cambios se habrían de condensar en la fórmula constitucional en artículos como el 3°, el 27, o el 123. Y es precisamente en estos cambios donde se encuentran las razones que explican el desarrollo de la ingeniería civil en esta nueva etapa:

> Dado que el constitucionalismo fue un movimiento altamente centralizado y con un fuerte control por parte de las estructuras institucionales sobre las manifestaciones independientes de la base popular de su ejército, el análisis de su ideología tiene mucho que ver con la ideología particular de sus jefes y especialmente con la de Carranza. Desde luego no se reduce a ella; pero el fuerte peso específico de la figura de Carranza dentro del constitucionalismo le imprimió un sello característico muy conservador al movimiento. Los asesores más cercanos e influyentes en él, sobre todo Luis Cabrera, pero también intelectuales como Félix Palavicini, Luis Manuel Rojas, Luis N. Macías e incluso Pastor Rouaix, que jugaron un papel importante dentro de la legislatura maderista, contribuyeron en buena medida a dar una forma elaborada a la ideología del movimiento. Ellos y el mismo Carranza

217 F. A. Ávila Espinosa, *op. cit.*, p. 66.

fueron representantes de los intereses de un sector burgués que tomó las riendas del movimiento desde un principio.[218]

Andrés Molina Enríquez, protagonista destacado de esa dinámica, se refería al alcance de los mencionados cambios con estas palabras:

> En efecto, el primer párrafo del art. 27 de la Constitución de Querétaro cambió radicalmente el principio dominante de la Constitución de 1857. Al declarar, de acuerdo con los precedentes coloniales, vigentes aún, que la propiedad de las tierras y de las aguas comprendidas dentro del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación y que de ellas se deriva el derecho de dominio que en forma de propiedad privada pueden tener los particulares, se estableció como principio fundamental que sobre los derechos de dominio de los particulares, está el derecho de propiedad de la nación. Los derechos sociales han quedado así antepuestos y sobrepuestos a los derechos del individuo.[219]

Sin embargo, de todos los intelectuales y políticos que contribuyeron a delinear la nueva ideología, el de mayor relieve para el caso que nos ocupa fue Alberto J. Pani. Hijo de inmigrantes italianos, "Pani representaba la incorporación de los profesionales y las clases medias emergentes, excluidas durante el porfiriato, al proyecto del Estado".[220] Por tales motivos, Pani encarnó esa suma de intereses donde convergieron antiguos aristócratas y nuevos ricos, profesionistas e intelectuales, políticos y líderes populares, dándoles una expresión ideológica pero, sobre todo, logrando articular en la práctica esa diversidad de objetivos. Por ello se convirtió en uno de los artífices de la política mexicana a comienzos de los años veinte. En noviembre de 1917, en ocasión del Primer Congreso Nacional de Industriales, y en su calidad de

218 *Ibidem*, p. 65.

219 A. Molina Enríquez, "El espíritu de la Constitución de Querétaro", *Boletín de la Secretaría de Gobernación*, I, 1, junio, 1922, p. 373.

220 A. Oñate Villarreal, *Razones de Estado. Estudios sobre la formación del Estado mexicano moderno, 1900-1934*, p. 137.

secretario de Industria y Comercio, Aberto J. Pani se refirió así a los mecanismos de desarrollo viables y convenientes para el nuevo programa nacional:

> De la sencilla pero irrefutable argumentación que antecede [la supresión de la libre concurrencia económica acarrearía las consecuencias desastrosas de la paralización del progreso industrial] y porque, huyendo de la petulante audacia de pretender crear, me he limitado a calcarla modesta y sinceramente de la naturaleza y de la historia, se desprenden las dos conclusiones generales siguientes, que constituyen como por decirlo así, los moldes en que deberá vaciarse la política gubernamental relativa, para resucitar y robustecer al organismo nacional, a saber: primera: fomentar por todos los medios legales disponibles, la explotación de los productos naturales de nuestros suelo; las industrias fabriles que de dicha explotación se deriven y, preferentemente, entre todas éstas, las que respondan a las necesidades primordiales de la vida humana, equivaldría a localizar las líneas de menos resistencia en la explotación general del país y a provocar el encauzamiento de todas las actividades productoras en el sentido de la mayor prosperidad nacional, y segunda: suprimir parcial o totalmente la concurrencia económica interior o exterior para fomentar mediante privilegios determinadas industrias nacionales o mediante derechos arancelarios las industrias exóticas que sólo puedan vivir dentro de la incubadora de la protección oficial, equivaldría a detener el progreso material del país y, con el alza de precios consiguiente a todo monopolio y la injusticia de favorecer a unos cuantos a costa de todos los demás, se intensificaría considerablemente el malestar general. Puede decirse, pues, en pocas palabras, que la captación, extracción y transformación de los productos naturales de nuestro suelo y la libre concurrencia económica nacional e internacional, son los dos términos principales de la fórmula de nuestra política industrial.[221]

221 A. J. Pani, *Alocución de bienvenida a los delegados al Primer Congreso Nacional de Industriales*, 25 de noviembre, 1917, p. 40. El texto es un folleto sin referencia editorial, compilado por la Biblioteca Nacional en un volumen titulado *Miscelánea*.

Desde luego la visión de Pani se soportaba en la visión oficial. La presentación del nuevo texto constitucional, aparecida en el *Diario Oficial* el 2 de mayo de 1917, se refirió así al asunto:

> La Constitución de un pueblo no debe procurar, si es que ha de tener vitalidad que le asegure larga duración, poner límites artificiales entre el Estado y el individuo, como si se tratara de aumentar el campo a la libre acción de uno y restringir la del otro, de modo que lo que se da a uno sea la condición de la protección de lo que se reserva al otro; sino que debe buscar que la autoridad que el pueblo concede a sus representantes, dado que a él no le es posible ejercerla directamente, no pueda convertirse en contra de la sociedad que la establece, cuyos derechos deben quedar fuera de su alcance, supuesto que ni por un momento hay que perder de vista que el Gobierno tiene que ser forzosa y necesariamente el medio de realizar todas las condiciones sin las cuales el derecho no puede existir ni desarrollarse.[222]

En tal perspectiva, el paso siguiente sería la organización de la *iniciativa privada* a fin de facilitar y promover mecanismos de cooperación recíproca con el gobierno, paso en el que también intervino Pani. El diario *Excélsior* dio así la noticia de instalación de la Confederación de Cámaras Industriales, en septiembre de 1918:

> No hay necesidad de demostrar que para llevar a cabo la obra reparadora y de reconstrucción en un país agitado por ocho años de trastornos públicos, la actuación de las industrias es tan indispensable que sin ella puede asegurarse que el propósito perseguido no se alcanzará jamás. Ahí se encuentra, sin disputa, la solución de todos nuestros problemas actuales.[223]

Este acontecimiento era fruto de un congreso celebrado en agosto del año anterior, y ponía de manifiesto la estrategia que en esencia se adoptaría después del triunfo constitucionalista. El fomento a la

222 "Congreso Constituyente", *Diario Oficial*, 2 de mayo, 1917, p. 1.

223 "La Confederación de Cámaras Industriales", *Excélsior*, 4 de septiembre, 1918, p. 3.

iniciativa privada, con un perfil nacionalista, con un sesgo modernizante y en armonía de intereses con la clase gubernamental, todo ello expresado nítidamente en la postura y en las gestiones de Pani, vino a ser así el caldo de cultivo óptimo para el desarrollo de la infraestructura y, con ella, de la ingeniería civil. Para reforzar la idea de la importancia de Pani en el desarrollo de la ingeniería civil, y a reserva de profundizar en ello más adelante, hay que decir que a su iniciativa se debió la creación, años más tarde, de dos organismos puntales para dicho desarrollo: la Comisión Nacional de Caminos y la Comisión Nacional de Irrigación.

Los dos elementos restantes serían la configuración de un dispositivo oficial para tales efectos, lo que se consumó con la creación de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, y con la integración de otra institución de orígenes porfirianos: la Universidad Nacional. Es ésta la razón de fondo del apoyo que recibió el plantel universitario, y en particular la Escuela de Ingenieros, identificados con la dictadura. El papel activo del Estado posrevolucionario como promotor de la enseñanza superior adquiere sentido bajo esta óptica, y no como aval de un desarrollo científico y tecnológico de validez abstracta. El destino que corrió un plantel de eminente vocación científica y potencial para el cultivo de lo que llamamos "ciencia pura", como lo fue la Escuela Nacional de Altos Estudios, así lo demuestra. Desde luego la Universidad y el conjunto de escuelas nacionales que la integraban, nutrida poco después con la fundación de Ciencias Químicas, se vio obligada a relacionarse en términos armónicos con la clase gobernante y con la ideología profesada por ésta. Un significativo discurso del rector José N. Macías dedicado a la Universidad de Berkeley con motivo del quinto aniversario de su fundación, en 1918, dio evidencia de lo anterior:

> El papel de las Universidades es muy distinto al que tenían hace cincuenta años, pues sus tendencias y sus ideales se han ido depurando, y no procuran ya como único objeto investigar las leyes físicas de los fenómenos naturales, ni se dedican a formar superhombres, que, separados del resto de la humanidad, sólo se acuerdan de ella para utilizarla en fines egoístas [...] Hoy tienen un objeto mucho más elevado, tras-

cendental y noble: el de construir los cimientos de la humanidad que al comprender sus propios destinos gloriosos y eternos, haga que cada hombre se le incorpore espontáneamente por el pensamiento y por la acción, y labore armónicamente con los demás en pro de la colectividad para obtener de tal modo la brillante civilización del porvenir.[224]

Del lado de las autoridades federales también se constata una nueva disposición acerca de los desempeños de la casa de estudios. El propio Carranza así lo reflejó durante un informe al Congreso Constitucional:

> La inscripción en las escuelas universitarias ha ascendido a 1 545 alumnos numerarios y 813 oyentes que hacen un total de 2 358, no obstante que las matrículas no se han cerrado todavía. Los exámenes de fin de cursos del año próximo pasado en la Universidad Nacional dieron un resultado muy satisfactorio. [...] Han merecido la aprobación de la Primera Jefatura los nuevos planes de estudio y reglamentos que se han elaborado últimamente en la Universidad Nacional, para cada una de las facultades, y que se han hecho de acuerdo con las necesidades de la misma y la experiencia adquirida en la labor docente realizada. Con objeto de contar con catedráticos universitarios verdaderamente idóneos, se ha dedicado atención preferente a seleccionar el personal docente. Han pasado a formar parte de la Universidad, previas las reformas y adiciones requeridas para merecer el grado de facultades, dos importantes establecimientos: la Escuela Nacional de Química y la Escuela Superior de Comercio, que pertenecieron a la extinta Dirección de la Enseñanza Técnica.[225]

No obstante —hay que insistir en ello—, el compromiso con la Universidad no significó un compromiso con el desarrollo científico. La ciencia y la técnica no jugaron un papel importante dentro de la recreación del mito nacional que se construyó al triunfar el

224 J. Natividad Macías (rector), "Mensaje de Congratulación de la Universidad Nacional a la Universidad de Berkeley, California, con motivo del quinto aniversario de su fundación", *BU*, I, núm. 2, noviembre, 1918, p. 11.

225 "Informe del C. Primer Jefe al Congreso Constitucional de 1917", *BU*, México, I, 1, diciembre, 1917, pp. 20 y 22.

movimiento revolucionario. El "hombre cósmico" de Vasconcelos se encuentra más inclinado a la cultura clásica que a la racionalidad anglosajona dominante en el mundo capitalista. De la misma manera, el nacionalismo expresado en el movimiento muralista no incorporó elementos representativos de la ciencia o la tecnología, como sí ocurrió en otros contextos, como los murales pintados en Detroit por Diego Rivera. Todo ello refuerza la tesis de que el caso de la ingeniería civil fue uno de los pocos casos de excepción y que ello se debió a un requerimiento específico de esta actividad dentro de los procedimientos del nuevo orden.

Los dispositivos institucionales

Dado que fue el Estado el agente activo en el desarrollo de la ingeniería civil en México durante las primeras décadas del siglo XX, los dispositivos institucionales desplegados por esa entidad para el cumplimiento de sus fines constituyeron simultáneamente la plataforma sobre la que se verificó dicho desarrollo. No se trata de la misma función que cumplieron los organismos paraestatales contemplados en el artículo 90 constitucional, sino de dependencias gubernamentales que asumieron las tareas de planeación, organización, financiamiento, investigación y construcción de la infraestructura, que se apoyaron en las instituciones académicas y en las organizaciones gremiales que existían ya antes de la Revolución, y que buscaron transferir responsabilidades hacia la iniciativa privada por medio de sistemas de contratación. De cualquier manera, el papel fundamental e imprescindible lo desempeñaron los dispositivos institucionales que a continuación se enumeran.

El primero y más importante de todos ellos, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, fue también herencia del porfiriato. Creada por decreto en 1891 como respuesta a las políticas públicas que la dictadura estaba impulsando, esta entidad modificó el esquema existente desde la época de Juárez, aumentando a siete las secretarías de Estado. Poco después, en 1905, se creó la de Instrucción Pública y Bellas Artes, completándose así la estructura de

la administración pública que heredó la Revolución. Una vez consolidado el triunfo de los carrancistas y promulgada la Carta Magna, en abril de 1917 se expidió la Primera Ley de Secretarías y Departamentos de Estado. La nueva estructura contempló los siguientes cambios: una reunificación de los asuntos relacionados con el exterior y el gobierno interno del país, en la Secretaría de Gobernación; desaparición de la Secretaría de Negocios Eclesiásticos e Instrucción Pública; desaparición de la función de colonización de la Secretaría de Fomento; y la creación de la Secretaría de Comunicaciones. En relación con el nuevo concepto de departamentos, los primeros que existieron fueron los siguientes: Judicial, Universitario y Bellas Artes, y Salubridad Pública. La iniciativa de ley publicada en el *Diario Oficial* en julio de 1917 asentó que "para el despacho de los negocios de orden administrativo Federal, habrá seis Secretarías y cuatro Departamentos",[226] definiendo, según el artículo 5, las funciones de la Secretaría de Comunicaciones.

Esta estructura prevaleció por muy poco tiempo, ya que el propio Carranza, en diciembre del mismo año, derogó la ley y decretó la Nueva Ley de Secretarías de Estado, que prevaleció durante el tiempo en que se consolidó el sistema y que fue en realidad el basamento para el desarrollo de la infraestructura. La "Exposición de Motivos" de este cuerpo legal presentó las directrices políticas e ideológicas que orientarían las tareas en este campo, procurando marcar distancia respecto del antecedente porfiriano y abriendo al mismo tiempo una perspectiva nueva en donde justamente se perfilaba el papel y la manera en que se desempeñaría la ingeniería civil. El documento, publicado en el *Diario Oficial* el 31 de diciembre de 1917, dice lo siguiente:

> Era natural que la nueva ley debiera inspirarse en nuevos principios de distribución del trabajo administrativo y gubernamental distintos a los que animaron la Ley de 13 de marzo de 1891, y que en la innumeración [*sic*] y distribución de estas labores debía sentarse las bases de

226 "Iniciativa de Ley que el C. Presidente de la República somete a la aprobación del H. Congreso de la Unión, respecto de las Secretarías y Departamentos que habrá para el despacho de los negocios del orden administrativo", *Diario Oficial*, 24 de julio, 1917, p. 854.

> la eficiencia del Gobierno para realizar los fines de progreso nacional que se ha propuesto. [...] Fue la meta principal que se persiguió en [el] proyecto el que fuera netamente nacionalista, hecho en beneficio del pueblo mexicano y adaptado a sus necesidades, a diferencia de lo que ocurría en tiempo de la dictadura, en que tomándose por base las leyes de otros países y lo que es más, la conveniencia de las grandes compañías extranjeras, se sacrificaban muchas veces en su beneficio los intereses nacionales a extrañas conveniencias, viéndose que México, independiente, seguía siendo en la práctica un país colonial, en que sus hijos estaban de hecho subalternados a los intereses de las grandes compañías extranjeras.[227]

Parece claro que la memoria de las concesiones, los latifundios, los procedimientos de contratación y las demás prebendas otorgadas por la dictadura a personas extranjeras y a sus socios nacionales ayudaron a delinear una nueva perspectiva que aun cuando de hecho no mejoraría gran cosa en cuanto a la independencia y a la solvencia económica nacional, sí abrió posibilidades para un desarrollo efectivo de la rama de la construcción y de los elementos asociados a ella, con un enfoque nacionalista.

La disposición incluyó estas modificaciones: se separaron de nueva cuenta las funciones del interior y del exterior, y se creó una secretaría para cada uno de estos asuntos; a la Secretaría de Comunicaciones se añadió la función de las Obras Públicas; desapareció el ramo del Fomento de la de Industria y Comercio, a la que se incorporó, en cambio, el ramo del Trabajo; Fomento pasó a formar parte de la Secretaría de Agricultura. El número de secretarías quedó en siete y los departamentos ascendieron a cinco, con la creación de Aprovisionamientos Generales, Establecimientos Fabriles y Aprovisionamientos Militares, y el de la Contraloría. El Departamento Judicial desapareció.

El ramo de Comunicaciones y Obras Públicas, de acuerdo con el texto publicado en el *Diario Oficial* el 31 de diciembre de 1917, fue estructurado de esta manera:

227 "Nueva Ley de Secretarías de Estado", *Diario Oficial*, 31 de diciembre, 1917, p. 691.

> Artículo 7°. Corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas: Costas; Puertos; Faros; Marina Mercante; Vías Navegables; Obras que se ejecuten en terrenos nacionales, ya sea costeadas por la Federación o por concesión otorgada a particulares; Ferrocarriles; Caminos carreteros nacionales e inspección de los privados; Construcción y reconstrucción de edificios públicos; Monumentos y todas las obras de utilidad y ornato costeadas por la Federación, excepto las del ramo de guerra de carácter estratégico; Jurisdicción sobre el sistema hidrográfico del Valle de México; Intendencia y Obras de conservación en los Palacios Nacional y de Chapultepec; Correos interiores; Unión Postal Universal; Subvención a vapores y ferrocarriles para verificar transportes de correspondencia; Giros postales en el interior de la República; Giros postales internacionales; Telégrafos y teléfonos federales; Concesión para establecer líneas telegráficas y telefónicas particulares y vigilancia sobre ellas; Vigilancia de las líneas telegráficas y telefónicas de los ferrocarriles; Radio-telegrafía y radio-telefonía; Concesión para establecer estaciones inalámbricas y vigilancia sobre ellas; Correspondencia con naciones extranjeras, para intercambio de mensajes y señales de las estaciones inalámbricas; cables; Contratos con compañías telegráficas y telefónicas y cablegráficas internacionales; Giros telegráficos.[228]

Más adelante, la misma Ley estableció un régimen especial para la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas en cuanto a la adquisición o fabricación de los insumos empleados por las dependencias: "Artículo 11; I. [Esta Secretaría] queda autorizada para adquirir los materiales de construcción, las herramientas y la maquinaria necesarios para la construcción de las obras nacionales".[229] Asimismo, en el artículo 16 se estipuló el mandato que serviría para apuntalar el despegue de la ingeniería civil:

> las obras materiales de las Secretarías, Departamentos y en general las del Gobierno Federal, serán ejecutadas por la Secretaría de Comunicaciones conforme al artículo 134 de la Carta Magna, sujetándose a los

228 *Ibidem*, p. 698.

229 *Loc. cit.*

planes que acuerde el ramo administrativo a que correspondan y con cargo a sus presupuestos respectivos, con excepción de las fortificaciones, que serán hechas por la Secretaría de Guerra.[230]

Este esquema institucional prevaleció —en lo que respecta a las actividades que involucraban a la ingeniería civil— hasta el gobierno de Lázaro Cárdenas, cuando se promulgó una nueva Ley de Secretarías y Departamentos de Estado en diciembre de 1935. Algunas modificaciones en la administración pública realizadas en ese periodo tuvieron repercusión indirecta en el asunto que nos ocupa, como la creación en diciembre de 1924 de la Comisión Nacional Bancaria para efectos de inspección y vigilancia de las instituciones de crédito y, más adelante, en agosto de 1925, el Banco de México, concebido como banco único de emisión, medidas ambas que coadyuvaron a mejorar los sistemas de financiamiento necesarios para el desarrollo de la obra pública.

A partir de esta plataforma se llevó a efecto la creación de infraestructura que caracterizó al México contemporáneo. Pero sería poco más tarde, durante el gobierno de Plutarco Elías Calles, cuando se crearan dos organismos de importancia capital para el presente tema: la Comisión Nacional de Caminos y la Comisión Nacional de Irrigación. "Cuando termina, en 1920, la etapa militar de la Revolución, el grupo sonorense victorioso tuvo más tiempo para la economía y las finanzas. Por ello, durante los regímenes de Obregón y Calles se establecen las instituciones centrales para la gestión económica del Estado."[231] Es entonces, en efecto, cuando comienza a materializarse el potencial constructivo del nuevo orden. Producto de la serie de ajustes, acomodos, negociaciones y perspectivas abiertas en la época posrevolucionaria; propuestas por iniciativa y visión de Alberto J. Pani; inspiradas en esquemas administrativos ensayados durante el porfiriato, y perfiladas como piezas clave en el proyecto callista, estas entidades constituyeron en su momento el fundamento y el motor de propulsión al desarrollo de la ingeniería civil mexica-

230 *Loc. cit.*

231 A. Oñate Villarreael, *op. cit.*, p. 188.

na. En diversos sentidos, fueron factores de definición del México contemporáneo, y expresión del alcance transformador de la Revolución. En su informe a la nación, previo a la creación de estas comisiones, Elías Calles había dicho: "El Gobierno no ha omitido sacrificio para abrir nuevas vías de comunicación, convencido de que sin éstas es imposible el progreso del comercio, de la industria y el acrecentamiento de la riqueza pública."[232] También la Universidad estrechó lazos con el gobierno:

> Yo espero que el profesorado y la juventud universitaria sepan cumplir con el alto deber que el ciudadano Ministro de Educación Pública y Bellas Artes ha señalado. Estoy absolutamente de acuerdo en que la unión de las clases intelectuales con las clases laborantes, es uno de los medios más seguros para lograr la felicidad de la Patria.[233]

Estas dos entidades se diseñaron siguiendo un modelo que se había experimentado durante el porfiriato y que da cuenta de la importancia reconocida desde un principio. En efecto, en 1886, con motivo de las obras del desagüe de la ciudad de México, fue creada una Junta Directiva para hacer eficientes los procedimientos administrativos de los trabajos. "Lo importante de esta nueva Junta estaba en las facultades que realmente se le otorgaron y, sobre todo, en el poder administrativo que realmente ejerció".[234] Dotada de gran capacidad resolutiva y de una capacidad de gestión directa, esta fórmula permitió llevar a buen término la obra cumbre de ingeniería del porfiriato, y semejante modelo se aprovechó en sus líneas generales para aplicarlo a la construcción de carreteras y presas, saltando trabas burocráticas que objetivamente hubieran entorpecido sus respectivos desempeños.

En lo que respecta a la Comisión Nacional de Caminos, su creación derivó de la Ley de 30 de marzo de 1925, que estableció un im-

232 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 8. Las comunicaciones*, p. 198.

233 "Plutarco Elías Calles", *BUNM*, III, 1 de enero, 1927, p. 5.

234 P. Connolly, *op. cit.*, p. 221.

puesto federal sobre ventas de primera mano de gasolina, publicada para su cumplimiento en el *Diario Oficial* con fecha del 6 de abril del mismo año. Es interesante observar que aquel organismo tuvo sus orígenes en un mecanismo de financiamiento concebido para tales efectos, que establecía una tasa impositiva de tres centavos por cada litro de combustible de producción nacional o importado, "desde el momento en que salga de las refinerías, bodegas, depósitos, agencias o dependencias de los causantes" o desde el momento en que la gasolina importada entrara en territorio mexicano.[235] Tal recaudación sería entregada por la Tesorería General de la Nación directamente a una comisión prevista en el artículo 11 de la citada Ley en los siguientes términos:

> Una Junta, denominada *Comisión Nacional de Caminos* e integrada por tres miembros —dos de los cuales serán representantes del Ejecutivo Federal, nombrados respectivamente por conducto de las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Comunicaciones y Obras Públicas, y el tercero, representante de los causantes y designado por ellos— administrará y aplicará los fondos del impuesto, tal como lo prescriba el Reglamento de esta Ley. El cargo de miembro de la Comisión Nacional de Caminos será honorífico.[236]

El siguiente artículo previó que la distribución y aplicación de los fondos se realizaría sobre el criterio de beneficiar a cada región en razón proporcional al importe recaudado en ella misma.

El reglamento que normaría los trabajos de la Comisión Nacional de Caminos quedó listo en agosto de 1925 y se publicó en el *Diario Oficial* el 31 de ese mismo mes, dejándola encargada "de la construcción, conservación y mejora de los caminos nacionales"[237] y definiendo su cometido en el artículo 5, fracción V:

235 "Ley de 30 de marzo de 1925 estableciendo un Impuesto Federal sobre ventas de primera mano, de gasolina", *Diario Oficial*, 6 de abril, 1925, p. 1729.

236 *Ibidem*, p. 1730.

237 "Reglamento que normará los trabajos de la Comisión Nacional de Caminos", *Diario Oficial*, 31 de agosto, 1925, p. 19.

> Preparar primero y poner luego en práctica, previa aprobación expresa del Ejecutivo por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas para esto último: a) el programa a que deba sujetarse la construcción de caminos nacionales con los fondos especiales puestos a su cargo, así como las ampliaciones y modificaciones del mismo programa a que de tiempo en tiempo haya lugar; b) los proyectos y presupuestos generales relativos a cada uno de los caminos comprendidos en el programa; y c) los arreglos y contratos que a su juicio sean necesarios o convenientes para el mejor logro de sus fines y cumplimiento de los dos incisos anteriores.[238]

Acto seguido, se expidió el 22 de abril de 1926 la Ley de Caminos y Puentes, que para efectos del presente tema contuvo las disposiciones que se enumeran a continuación:

> Se declaran caminos nacionales los siguientes: I. Los que comuniquen la capital de la República con puertos marítimos o fronterizos abiertos al tráfico internacional o con las capitales de los Estados y de los Territorios de la Unión; II. Los que comuniquen las capitales de los Estados entre sí o con uno de los territorios; III. Los que estén comprendidos en dos o más Municipalidades del Distrito Federal o de los Territorios Federales; IV. Los que, atendiendo a conveniencias generales, sean declarados caminos nacionales por el Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. […] Son puentes nacionales: I. Los que formen parte integrante de los caminos especificados en el [artículo anterior]; II. Los puentes existentes o que se construyan sobre las líneas divisorias internacionales.[239]

Más adelante, esta Ley contempló la injerencia de particulares:

238 *Ibidem*, p. 20.

239 "Ley de 22 de abril de 1926 de Caminos y Puentes", *Diario Oficial*, México, 26 de abril, 1926, XXXV, 46. Alcance al núm. 46 (la aclaración sobre el "alcance" se refiere a que el lector deberá buscar una segunda parte en otra sección del ejemplar de ese día, cuando es el mismo número, pero a veces pasa a otro día).

> Art.9°. El Ejecutivo de la Unión podrá otorgar, por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, concesiones para construir, conservar o mejorar los caminos o puentes nacionales; [para los cuales] el Ejecutivo de la Unión podrá prestar ayuda económica o material [para su construcción], siempre y cuando el camino sea de interés general y se destine al tráfico libre y gratuito.[240]

Esta Ley constituyó el antecedente de la primera Ley de Vías Generales de Comunicación y Medios de Transporte, promulgada el 29 de agosto de 1931. El reglamento respectivo fue expedido el 10 de marzo de 1927 y en él se detallaron varias cuestiones relacionadas con el desarrollo de la ingeniería civil; una de éstas fue la relativa a la graduación técnica de las carreteras, que quedó consignada así: "I. Caminos con pavimento de tierra (naturales de tierra, tepetate, arena y arcilla); II. Caminos con pavimento semi-rígido (grava, tezontle, pizarra, escoria o grava volcánica, telford o macadam hidráulico, telford o macadam bituminoso de penetración); III. Caminos con pavimento rígido (concreto armado o sin armar)". Este reglamento, publicado en *Diario Oficial* el 5 de abril de 1927, estableció la obligación de sujetarse a especificaciones formuladas por la Secretaría, la que "cuidará de que dichas especificaciones respondan en todo tiempo a los adelantos en materia de construcción de caminos, haciéndoles las adiciones o modificaciones que sean necesarias con ese objeto, cuando lo estime conveniente".[241] Además (artículo 79), "los concesionarios para la construcción de caminos y puentes nacionales y de concesión federal, están obligados a ocupar para los trabajos y servicios de dichos caminos, cuando menos al ochenta por ciento de profesionistas, empleados y trabajadores mexicanos de cada categoría, determinándose ésta por el importe de los sueldos".[242]

240 *Loc. cit*.

241 "Reglamento de 10 de marzo de 1927 de la Ley de Caminos y Puentes, de fecha 22 de abril de 1926, publicada el 26 del mismo mes y año", *Diario Oficial*, México, 5 de abril, 1927, p. 4.

242 *Ibidem*, p. 11.

En abril de 1932, bajo la presidencia de Pascual Ortiz Rubio, fue creada la Dirección Nacional de Caminos para sustituir a la Comisión, ya como dependencia directa de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

Éste fue el marco normativo y jurídico sobre el que tuvo efecto el desarrollo de la ingeniería civil en el ramo de carreteras y puentes. Similar criterio se adoptó para la puesta en marcha de una estrategia de impulso a la construcción de obras hidráulicas, que incluyó por cierto la generación eléctrica. La Comisión Nacional de Irrigación fue creada el 4 de enero de 1926, publicado el Decreto en el *Diario Oficial* cinco días más tarde, y dio comienzo a sus funciones el día 28 del mismo mes. Los antecedentes legales de las previsiones que marcaron el nacimiento de esta Comisión datan de la Ley del 5 de junio de 1888,[243] y después de la Ley sobre aprovechamiento de aguas de jurisdicción federal, del 16 de diciembre de 1910, donde ya apareció estipulado un orden de prioridades para el otorgamiento de concesiones: "I. Para usos domésticos de los habitantes de las poblaciones; II. Para servicios públicos de las poblaciones; III. Para riego; IV. Para la producción de energía; V. Para otros servicios industriales, y VI. Para entarquinamiento de los terrenos."[244] Estas dos disposiciones fueron realizadas durante el gobierno de Díaz y no contuvieron, por lo mismo, los elementos que permitirían el desarrollo de la ingeniería civil realizada en México, como se hizo en la etapa siguiente, ya que, por ejemplo, preveían concesiones para la construcción de obras "por tiempo indefinido" y a manos de los particulares interesados. En este sentido, el del fomento a la construcción, es interesante una "autorización al Ejecutivo para conceder a los particulares y compañías el uso de aguas de jurisdicción Federal con objeto de aprovecharlas en irrigación o como potencia aplicable a diversas industrias",[245] emitida el 6 de junio de 1894, previendo la participación de ingenieros (artículo 2;

243 "Ley de 5 de junio de 1888", *Diario Oficial*, 8 de junio de 1888, p. 2.

244 "Decreto por el que se promulga una ley sobre aprovechamiento de aguas de jurisdicción federal", *Diario Oficial*, 21 de diciembre, 1910, p. 558.

245 "Autorización al Ejecutivo para conceder a los particulares y compañías el uso de aguas de jurisdicción Federal con objeto de aprovecharlas en irrigación o como potencia aplicable a la industria", *BSG*, julio de 1922, p. 526.

IV), pero que logró muy poco impacto efectivo. Más adelante, con la entrada en vigor de la Constitución de 1917, un nuevo documento plasmó ya consideraciones de carácter político que servirían de base para la creación de la mencionada Comisión, y con ella al impulso de la ingeniería civil, según se desprende de la lectura de los considerandos:

> dado que el régimen torrencial del sistema hidrográfico del país que amerita para su eficaz aprovechamiento la construcción de obras de almacenamiento o de regularización, que tanto por su importancia como por su reducido atractivo como inversión, salen de los límites de la actividad privada, es obligación del Estado acudir a la realización de esas obras en obsequio de los intereses colectivos que le están encomendados.[246]

El anterior es el texto del tercer considerando, y en el siguiente se abordaron asuntos dedicados a mecanismos alternativos de financiamiento, "[para destinarse] tanto al establecimiento de un servicio especial de policía y vigilancia de aguas federales, cuanto a la ejecución de obras de riego y aprovechamientos hidráulicos de interés general que por ese carácter, están llamados a transformar en breve plazo las condiciones de producción del país".[247]

Finalmente, el 4 de enero de 1926, se aprobó la Ley sobre Irrigación con Aguas Federales que dio nacimiento a la Comisión Nacional de Irrigación. Apoyada en el párrafo tercero del artículo 27 constitucional, esta Ley determinó que "los dueños de las propiedades referidas quedan obligados [...] a construir y conservar las obras hidráulicas que el Estado determine".[248] En el artículo 3 se señaló que

> para promover y construir obras de irrigación en la República se crea un órgano administrativo que se denominará Comisión Nacio-

246 "Decreto expedido por el C. Presidente de la República estableciendo la renta federal sobre uso y aprovechamiento de aguas públicas sujetas al dominio de la Federación", *Diario Oficial*, 11 de julio, 1917, p. 785.

247 *Loc. cit*.

248 "Ley sobre Irrigación con aguas Federales", *Diario Oficial*, 9 de enero, 1926, p. 99.

nal de Irrigación. La mencionada Comisión dependerá de la Secretaría de Agricultura y Fomento y constará de tres miembros nombrados por el Presidente de la República, por conducto de la propia Secretaría.[249]

En el siguiente artículo el documento fijó las atribuciones y los deberes del organismo, entre los que se encuentra "estudiar las posibilidades de irrigación en el país y seleccionar para su ejecución las obras que reporten mayor beneficio desde los puntos de vista financiero o de los intereses generales de la Nación".[250]

Los trabajos de la Comisión se pusieron en marcha de inmediato por medio de comisiones técnicas y se iniciaron obras en Baja California, Sonora, Nuevo León y Tamaulipas, pero más adelante se amplió el radio de cobertura de los proyectos cuando en mayo de 1930 fue girada una circular a todos los gobernadores de los Estados para diseñar un plan nacional de construcción:

> Deseando la Comisión Nacional de Irrigación reunir la mayor suma de datos posible sobre las obras de riego que convenga llevar a cabo en las diversas regiones de la República, celebró una junta en la que se acordó por unanimidad dirigir circulares a las principales autoridades del país, a fin de que con el conocimiento que es de suponérseles de las necesidades de los territorios que gobiernan, se sirvan documentar a la Comisión con toda clase de informes sobre los proyectos o iniciativas que parezcan viables y cuya ejecución pueda redundar en el fomento agrícola de cada comarca. Este acuerdo mereció la aprobación del señor Presidente de la República.[251]

En conclusión, podemos afirmar que estas dos comisiones resultaron fundamentales para llevar a efecto los cometidos implícitos en la correlación de fuerzas derivada de la gesta revolucionaria y

249 *Loc. cit*.

250 *Loc. cit*.

251 "Una circular a los señores Gobernadores de los Estados", en *Irrigación en México*, I, 1, mayo, 1930, p. 55.

sintetizada en un nuevo Estado, y satisficieron, en primer término, requerimientos del patrón de acumulación (*modelo de desarrollo*, si se prefiere el eufemismo), y después los requerimientos de orden ideológico y político que lo reforzaban y legitimaban, relativos a la creación de infraestructura y, como consecuencia de ello, con impacto en el desarrollo de la ingeniería civil. Esta actividad científico-tecnológica asumió así un papel protagónico dentro del esquema del Estado y dentro de la estrategia impulsada por éste.

En lo que respecta a la relación con la Universidad, el gobierno auspició un deslinde de funciones adecuado para el perfil de la administración pública. Cuando se consumó la autonomía universitaria con la promulgación de la Ley Orgánica de 1929, los términos de la función de la casa de estudios dentro del programa nacional estaban ya definidos, a pesar de que más tarde —en 1933—, entraría en un esquema de crisis de la relación, que sin embargo no replanteó esa función dentro de la sociedad. Las consideraciones que presentó el Ejecutivo al conceder la autonomía se iniciaron con la observación siguiente: "Que es un propósito de los gobiernos revolucionarios la creación de instituciones democráticas funcionales que debidamente solidarizadas con los principios y los ideales nacionales y asumiendo responsabilidad ante el pueblo, quedan investidas de atribuciones suficientes para el descargo de la función social que les corresponde."[252] La perspectiva de este cambio dentro del esquema de la Administración Pública quedó planteada en el considerando 12:

> Que no obstante las relaciones que con el Estado ha de conservar la Universidad, ésta en su carácter de autónoma, tendrá que ir convirtiéndose, a medida que el tiempo pase, en una institución privada, no debiendo, por lo mismo, tener derecho para imponer su criterio en la calificación de las instituciones libres y privadas que impartan enseñanzas semejantes a las de la propia Universidad Nacional.[253]

252 "Palabras iniciales", *Universidad de México*, noviembre, 1930, p. 3.

253 *Ibidem*, p. 5.

En cualquier caso, las articulaciones entre el desarrollo de la infraestructura promovida por el Estado, y la Universidad Nacional, estaban consolidadas y habrían de operar sin afectarse mayormente con los cambios de estatus legal.

Hacia la nacionalización de la ingeniería civil

No resulta desproporcionado afirmar que el desarrollo de la ingeniería civil en México tuvo lugar en torno a dos ejes fundamentales: la construcción de carreteras y la construcción de presas. El desarrollo en estas dos esferas impactó otras áreas de la ingeniería, pero sin duda las mayores realizaciones de la época se materializaron en y gracias a esas dos esferas.

He procurado demostrar que este acontecimiento fue resultado de diversos factores que, en resumen, constan de lo siguiente: la formación de un capital científico en el área de la ingeniería civil, consolidado principalmente en la Escuela Nacional de Ingenieros desde las postrimerías del porfiriato; la redefinición de una estructura socioeconómica que incluyó ciertos ajustes decisivos para la incorporación de un determinado tipo de infraestructura favorable al desarrollo de la ingeniería civil; el advenimiento de dos aportes tecnológicos fundamentales: el automóvil y el concreto armado; la necesidad de modificar la infraestructura disponible en el porfiriato al desintegrarse la gran propiedad territorial: los ferrocarriles y los puertos, así como la producción agrícola extensiva, distintivos de la dictadura, debieron ser sustituidos por carreteras y obras de riego y generación eléctrica; la vertiente nacionalista y populista que emanó de la participación y demandas de los ejércitos campesinos y, finalmente, el imperativo de modernización del sistema, emprendido de forma particular por Calles y sus asesores, entre los que destacó Pani. El paso siguiente sería la formación de capital para financiar las obras, aspecto al que me dedicaré en el siguiente apartado, pero antes hay que revisar el proceso por el cual esa decisión oficial se tradujo en impulso al desarrollo de la ingeniería civil propiamente mexicana.

Ya hemos visto cómo fueron integradas las citadas comisiones que hicieron posible el desarrollo de la ingeniería civil; pero estos organismos iniciaron sus trabajos echando mano de contratistas extranjeros, en una forma que recuerda inequívocamente los procedimientos del porfiriato. En un interesante trabajo que presentó a mediados de 1926 el ingeniero Lorenzo Pérez Castro, en ocasión del cincuentenario de la fundación de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, se refiere a ese capital humano desaprovechado:

> Así que los fundadores de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México no se encontraban en un medio propicio para el ejercicio de sus actividades; pero confiaban y esperaban, seguros de que vendrían épocas más favorables para las que era preciso estar apercibidos. Soportaban serenos, sostenidos por su esperanza, la penuria del medio social, encadenados a la roca, como Prometeo.[254]

En efecto, la situación estaba en vísperas de cambiar. El autor del citado trabajo habla así del momento en que se encontraban ese año de 1926: "Cincuenta años después, los ingenieros civiles de México están viviendo en circunstancias análogas en lo que se refiere a la profesión; pero a su vez, aguardan convencidos el resurgimiento del país, rebeldes al desengaño, aunque también se vean sacrificados, como Prometeo, por seguir mostrando a los mortales la divina esperanza."[255]

Mientras tanto, el presidente Elías Calles afirmaba en septiembre de 1926 ante el Congreso que "en un futuro próximo tendrán que aumentar considerablemente las obligaciones del gobierno [...] por consecuencia del natural desenvolvimiento económico del país, y la consiguiente expansión de las atenciones oficiales".[256] En la *Historia de la Revolución Mexicana,* preparada hace algunos años

254 L. Pérez Castro, "Horizonte de los Ingenieros Civiles en 1868 y en 1918", *RMIA*, IV, 6, 15 de junio, 1926, pp. 273-326, p. 302.

255 *Ibidem*, p. 303.

256 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 1. Los mensajes políticos*, p. 226.

por el Colegio de México, se describe el proyecto callista en los siguientes términos: "un proyecto modernizador, orgulloso y patriota, que recorre y modifica las estructuras; un plan sin demagogia, que no puede realizarse sin el desarrollo metódico de todas las fuerzas productoras del país y la explotación intensiva de las riquezas nacionales".[257] Por ello, en no pocas ocasiones se ha equiparado a Calles con don Porfirio, como gran constructor, pero, a diferencia de aquél, el de Guaymas, Sonora, sostuvo una postura nacionalista, casi xenófoba.

No obstante, la puesta en marcha de los trabajos de las comisiones se llevó a efecto elaborando sendos contratos con compañías extranjeras dedicadas a la construcción. El primero de diciembre de 1925 el influyente diario *El Universal* publicaba en su primera plana la siguiente nota: "se confirma que el Ejecutivo Federal ha apalabrado un contrato con una poderosa compañía americana para la construcción de las grandes obras de irrigación que se han venido anunciando y que importarán cuarenta millones de pesos, suma que será amortizada en tres anualidades".[258]

Justo ese mismo día en que apareció la nota, un grupo de ingenieros se reunió en la ciudad de México para acordar una postura sobre las inminentes obras de construcción de carreteras y presas, decidiendo "pedir al Señor Presidente que las Obras Públicas sean hechas y dirigidas por mexicanos".[259] Era el inicio de una movilización que se apoyaba en el ya constituido Centro Nacional de Ingenieros, y en la que tuvo parte protagónica el ingeniero Modesto C. Rolland; "solicitamos —decía el desplegado— a todos los ingenieros mexicanos, sin distinción de escuela o de categoría, den su apoyo a esta petición, mandando su decisión por telegrama o por carta".[260]

Efectivamente, los primeros trabajos de caminos, que comprendieron los de México-Puebla; México-Toluca; México-Cuernavaca;

257 E. Krauze, J. Meyer y C. Reyes, *Historia de la Revolución Mexicana 1924-1928. La reconstrucción económica*, p. 18.

258 "Los ingresos del Gobierno ascenderán a 315 millones", *El Universal*, 1 de diciembre, 1925, p. 1.

259 "A los ingenieros mexicanos en la República", *El Universal*, 3 de diciembre, 1925, p. 1.

260 *Loc. cit*.

Monterrey-Nuevo Laredo; Terán-Montemorelos, etcétera, fueron contratados con una empresa extranjera, la Byrne Brothers Construction, que se obligó a ocupar especialistas traídos de allende el Bravo, así como también algunos ingenieros del país. Dicho contrato se firmó durante la administración del señor Calles, siendo secretario de Hacienda y Crédito Público el ingeniero Pani.

En lo que respecta a las presas, un funcionario de la época, el ingeniero Sánchez Mejorada, dio la noticia de la decisión a favor de firmas extranjeras, de la manera siguiente:

> Deseoso el Ejecutivo de aprovechar cualquier elemento que pudiera contribuir al éxito de su programa, al mismo tiempo en que preparaba la iniciativa de Ley Federal de Irrigación, entraba en pláticas con una empresa bien reputada de ingenieros de los Estados Unidos, para contratar sus servicios profesionales para proyectar y construir, bajo la dirección de la Comisión Nacional de Irrigación, algunas de las obras que la misma incluyera dentro de su programa. La empresa elegida por el Ejecutivo fue la J. G. White Engineering Corporation, bien conocida en varias partes del mundo. Dicha empresa ha reclutado el personal que ha puesto para cumplimiento de su contrato con el Gobierno Mexicano, especialmente dentro de las filas del Reclamation Service de los Estados Unidos, que ha hecho las obras de irrigación más importantes del mundo que se hayan construido en los últimos 15 años. Se ha obtenido también la cooperación de distinguidos profesionistas alemanes para el proyecto de una gran presa sobre el Río Lerma.[261]

Aquí vale la pena añadir un dato significativo: en abril de 1922 se había formado una nueva razón social con el nombre de Raymond White Corporation, fusión para versión mexicana de dos compañías norteamericanas: la Raymond Concrete Pile Company y, precisamente, la J. G. White Engineering Corporation. La firma se mostraba dispuesta a emprender obras de ingeniería en cualquiera de los campos: ferrocarriles, presas, cimentaciones, muelles, caminos de concreto, etcétera. La noticia del surgimiento de esta empre-

261 J. Sánchez Mejorada, art. cit., p. 561.

sa fue acompañada del siguiente comentario de prensa: "Existe en México desde hace tiempo la necesidad de que compañías constructoras verdaderamente importantes puedan tomar a su cargo obras que por su magnitud exigen para la ejecución de equipo sumamente costoso."[262]

El caso es que cuando las agrupaciones gremiales de ingenieros mexicanos tuvieron conocimiento de que el programa de obras iba a ser concesionado a compañías extranjeras, tal y como había ocurrido en el porfiriato, la reacción fue de fuerte indignación. Una vez que se hubo logrado el consenso para evidenciar una postura común frente a las autoridades federales, los señores ingenieros Miguel Ángel de Quevedo, A. Santacruz, Joaquín Pedrero Córdova, Modesto C. Rolland, Ángel Lascurain y Osío, y Donato Guerra Alarcón —quienes habían formado la comisión respectiva— enviaron un memorial al presidente de la República, que me permito citar en extenso por todo lo que revela en cuanto a la visión y a la confrontación que tuvo lugar en ese momento decisivo:

> Señor Presidente de la República:
> A usted que es el paladín actualmente de las clases laborantes mexicanas y defensor de las fuerzas nacionalistas no podrá escapársele la razón de nuestra justicia. Venimos en representación de una clase social y demostraremos además en el texto de nuestro escrito que en nuestra petición va incluida una causa nacionalista. [...] Sistemáticamente, señor, las grandes obras de nuestra patria siempre han sido hechas por extranjeros, y no por falta de competencia sino porque así lo ha exigido el capital y algunas veces la debilidad de nosotros mismos. Los ferrocarriles, los puertos que hay, las contadas obras de irrigación, obras son de extranjeros que nos han utilizado desde un nivel bastante inferior para abajo, lo mismo que han aprovechado al peón. ¿Y es esto lo prudente? ¿Acaso en la vida de los pueblos el ingeniero no ha significado a cada momento la influencia social más determinante, pues la organización social tiende a traducirse más y más en mera administración técnica? ¿Acaso el ingeniero no es el portavoz de las industrias y de todos los elementos de riqueza, de belleza

262 "Se establece una Cía. Constructora", *Excélsior*, 23 de abril, 1922, 3ª, p. 10.

y de protección en un país? ¿No son los ingenieros de todas las edades los que materializan los ideales? […] ¿Y cómo hemos representado este papel? Hasta ahora como sirvientes de los extranjeros, o como empleados anodinos del Gobierno. Pero hoy, señor, después de la profunda conmoción nacional por la que acabamos de pasar y cuando ansiosamente esperábamos un arreglo social mejor, ¿qué perspectiva se presenta para nosotros? […] Sin duda usted señor Presidente pensó que al traer a esos extranjeros aportarían energías y enseñanzas que necesitaríamos, pero había otro camino que nos hubiera realzado de golpe ante la Nación y hubiera dado al Gobierno mayor prestigio político. Bien hubiera podido una Comisión de Profesionistas Mexicanos haber hecho el estudio y organización respectivos, y si el Gobierno hubiese querido estar seguro de la eficacia de dichos trabajos, se podría haber traído a los expertos mejores del mundo, que con carácter de consultores discutieran con nosotros y dieran los lineamientos más apropiados. En la misma secuela de las construcciones se podría tener consultores pendientes de los detalles, si se creyera conveniente, pero lo importante era que los mexicanos fueran los que dirigieran, y los que formaran la escuela que necesitamos, aunque costaran más caro, que no será el caso pues no lo ha sido cuando los mexicanos han tenido oportunidad y apoyo. Siempre será menos vergonzoso que los nacionales acudieran a una organización mexicana en busca de trabajo, y no obligar a nuestros compatriotas a mendigar de una compañía extranjera, que trabaja con dinero mexicano, la caridad de posiciones inferiores, teniendo que solicitar en idioma inglés, como ha sido costumbre en la compañía americana que construye los caminos nacionales. […] Pedimos que se nos escuche y que se nos conceda dirigir y administrar los trabajos de caminos, de irrigación, de puertos y demás que el Gobierno está haciendo con capital mexicano y que actualmente se han puesto bajo la dirección de extranjeros sin tener en cuenta la opinión de los ingenieros mexicanos. Firman: Asociación de Ingenieros y Arquitectos; Asociación del Colegio Militar, y el Centro de Ingenieros.[263]

263 "Ingenieros mexicanos se dirigen al Presidente", *El Universal*, 10 de diciembre, 1925, pp. 1 y 10. Véase también: D. Baptista González y J. J. Saldaña, "La participación política y reivindicación gremial del Centro de Ingenieros de México ante la construcción del Estado mexicano en los años veinte", en F. Lazarín Miranda (ed.), *Memorias del primer Coloquio Latinoamericano de Historia y Estudios Sociales sobre la Ciencia y la Tecnología,* 2007, pp. 1221-1230.

Cabe aclarar que el Colegio Militar se deslindó unos días más tarde del pronunciamiento.

La respuesta ahora vino por cuenta del subsecretario de Comunicaciones y Obras Públicas, ingeniero Eduardo Ortiz, "por acuerdo del mismo Primer Magistrado", con fecha del 11 de diciembre del mismo año:

> El Gobierno rechaza el cargo falso que se le lanza acusándolo de que ahora que han principiado las obras de caminos *se olvidó de los ingenieros mexicanos*. [...] el Gobierno no puede tolerar ni por un instante, que un grupo de personas trate de tergiversar ante la opinión pública la política eminentemente nacionalista y patriótica que constituye la base primordial de toda su actuación gubernamental. La nueva organización que se creó es absolutamente nacional, pues está dirigida y administrada por la Comisión Nacional de Caminos, que es una dependencia del Ejecutivo; los miembros que la componen son mexicanos, como son mexicanos también todos los empleados subalternos que prestan sus servicios en ella. Los contratistas encargados de ejecutar las obras están subordinados a esa Comisión por lo que respecta a la dirección, ejecución y administración de dichas obras. [...] El personal que está encargado de los trabajos de construcción y los ingenieros que los dirigen son mexicanos en su absoluta mayoría, con excepción de un reducidísimo número de expertos en construcción de caminos; y si en ellos no figura mayor número de ingenieros, especialmente de las Asociaciones que ustedes representan, eso se debe, por una parte, a que no es posible ocupar a todos los profesionistas en esos trabajos, y por la otra, a que cada individuo asciende al puerto que merece por su esfuerzo personal y su competencia.[264]

Poco antes, en una respuesta más atemperada, el presidente en turno de la citada Comisión Nacional de Caminos, ingeniero Fernando Beltrán y Puga, dejó traslucir la perspectiva de fondo que el gobierno de Calles había definido al respecto y que, en efecto, no era equivalente a la del general Porfirio Díaz más que en apariencia y de manera coyuntural:

264 "El Gobierno rechaza un cargo de los Ingenieros", *El Universal*, 13 de diciembre, 1925, p. 1.

> Aun cuando la Comisión se abstiene de opinar acerca de las teorías de nacionalismo de la del Centro de Ingenieros, declara estar dispuesta: por una parte, a hacer que en igualdad de circunstancias sean siempre en sus dependencias preferidos los ciudadanos mexicanos; por otra, a atender prontamente cualquier queja o denuncia que le sea elevada bien sea por la falta de cumplimiento de las obligaciones de la Compañía contratista, o por cualquier defecto o vicio en la conducción de sus labores.[265]

¿Se trataba, acaso, de una suerte de desconfianza en torno a la capacidad de los ingenieros mexicanos ante la envergadura de las obras que estaban a punto de iniciarse? ¿Era un recelo por los orígenes porfirianos de la mayor parte de los ingenieros integrantes de la Asociación? ¿Era un mecanismo de aprovechamiento de la experiencia de quienes ostentaban la vanguardia tecnológica en esos campos? Lo más seguro es que se tratara de una mezcla de todos esos elementos, pero también parece seguro que estaba tomada la decisión de sustituir en breve a los expertos extranjeros por personal mexicano.

Esta interpretación se corrobora con las declaraciones de uno de los ingenieros mexicanos que en diciembre de 1925 estaban ocupando puestos de dirección en la Byrne; a una pregunta explícita del reportero de *El Universal*, respondió:

> Usted mismo juzgará si los ingenieros mexicanos han sido postergados en la construcción de los caminos nacionales cuando sepa que en el Departamento de Ingenieros de esta Compañía [Byrne Bros. Construction Co. of Mexico], la proporción por nacionales es 32 ingenieros mexicanos y 16 extranjeros. Pero la construcción de caminos no es asunto de nacionalidades, ni aun de técnica, sino de experiencia [se refería a profesionales muy reputados en construcción de carreteras: el ingeniero consultor de la Compañía era C. Upham; Conner, el Ing. en jefe y Cruise, jefe de localización]. Se trata, pues, de aprovechar la experiencia de los ingenieros americanos para evitar los tropiezos y

265 "La Comisión Nacional de Caminos y el Centro de Ingenieros", *El Universal*, 5 de diciembre, 1925, p. 4.

errores que ellos mismos cometieron en sus primeras construcciones y es sin duda una política sana y firme apoyarse en la experiencia del país que tiene mejor y más extensa red de caminos.[266]

Años más adelante uno de los ingenieros que se habían formado en esa experiencia explicó así la participación de las dos compañías estadounidenses:

> En ambas [circunstancias] por la premura del tiempo debida a los factores políticos, se recurre a compañías extranjeras, en ambos casos norteamericanas, para que en calidad de contratistas, inicien el programa de realizaciones que se ha propuesto el Estado. [...] Durante la tercera década, el programa que se había iniciado cobra ímpetu y los ingenieros civiles mexicanos van tomando sus puestos al frente, en la ejecución de las obras. Los contratos realizados con las compañías americanas se terminan, y éstas dejan infiltrado ya el acerbo de su experiencia, de sus métodos y de su organización.[267]

El propio subsecretario de Comunicaciones y Obras Públicas, ingeniero Vicente Cortés Herrera, se refirió al hecho durante la ceremonia de inauguración de la carretera a Nuevo Laredo, el primero de julio de 1936:

> Ha constituido para nosotros una escuela desde el punto de vista educacional en la técnica de la construcción de caminos, al mismo tiempo que se ha reflejado en la preparación de expertos en la misma construcción, y en la enseñanza de obreros especializados en sus diversas ramas, todo lo cual será de gran utilidad para la continuación del Programa de Caminos.[268]

La obra, de 1228 kilómetros, había sido llevada a término por ingenieros mexicanos.

266 *Loc. cit*.

267 F. Gómez Pérez, "La Ingeniería Civil en México", *RMIA,* XXV, 10-11-12, octubre-noviembre-diciembre, 1947, p. 221.

268 "Ecos de la inauguración de la Carretera México-Nuevo Laredo", *RMIA,* XIV, 7, julio, 1936, p. 402.

Lo propio habría de ocurrir con la otra gran área de desarrollo de la ingeniería civil, la de irrigación. Cuando se estaba dictaminando sobre la Ley de Irrigación —que daría nacimiento a la respectiva Comisión— uno de los responsables del dictamen de la iniciativa, el ingeniero Gilberto Fabila, declaró:

> Considerándola bajo uno de sus aspectos revolucionarios, esta Ley viene a romper el terrible círculo vicioso que ciertos elementos habían formado alrededor de nuestro problema del aumento de producción agrícola. Se decía que nuestra agricultura no podía progresar, ni producir lo bastante para nuestras necesidades interiores, mientras no se aumentara el área cultivada y se irrigaran las zonas genuinamente agrícolas. La Ley del ingeniero León [Luis L. León, autor de la iniciativa] resuelve esta desiderata, puesto que aumenta el área de cultivo por medio de obras de irrigación y concede las garantías que quieren ciertos agricultores, ya que conforme a la ley de que se trata, el Gobierno estará dispuesto a efectuar las obras de irrigación que necesitan si ellos no tienen la suficiente confianza para gastar su propio dinero y además les abre un crédito refaccionario para ese objeto, que podrán pagar con las tierras que les sobren al entrar a un cultivo intensivo.[269]

El 9 de diciembre de 1925, justo un día antes de que el propio Senado desechara un proyecto de reelección para la Presidencia de la República, fue aprobada la Ley, acerca de la cual su autor, el secretario de Agricultura y Fomento, afirmó: "no sólo persigue aumentar en área de cultivo. No. El ejecutivo lo declara sin ambages: también persigue un fin altamente social: tiende al fraccionamiento de los grandes latifundios y al establecimiento de la propiedad de los campesinos".[270] La iniciativa contemplaba la creación de la Comisión Nacional de Irrigación y, en el curso del debate, el último de los oradores, doctor José Siurob, propuso que "en la construcción [de las grandes obras de irrigación que se preveían] se dé preferencia

269 "Opiniones sobre el Proyecto de Ley de Irrigación que va a discutirse", *El Universal*, 5 de diciembre, 1925, p. 4.

270 "Fue aprobada ayer la Ley sobre obras de Irrigación", *El Universal*, 10 de diciembre, 1925, p. 1.

a los ingenieros y trabajadores mexicanos; que no suceda como en la construcción de caminos, donde los extranjeros han tenido esa preferencia".[271] La Ley fue aprobada por unanimidad con 154 votos.

Acerca de las monumentales obras de ingeniería implicadas en la nueva Ley, el ingeniero Luis León, secretario de Agricultura, refirió:

> no debemos encerrarnos en un círculo de estrecho nacionalismo y con un chauvinismo tonto rechazar la colaboración extranjera. Los progresos alcanzados en Norteamérica son los que necesitamos. El pueblo japonés abandonó sus kimonos y trajo del extranjero lo que necesitaba: Años más tarde sus enseñanzas las empleaba para vencer a Rusia. Del mismo modo, si en México hay grandes ingenieros, no debemos empeñarnos en que sean ellos los que dirijan las obras; serán los que las secunden. Veamos los procedimientos que todavía se emplean: la tierra se acarrea a la usanza azteca, a lomo de indio. Urge la técnica norteamericana, la más moderna. No se pueden confiar los trabajos de irrigación a cualquier ingeniero. En Estados Unidos hay especialistas hasta para la cimentación de presas. Esos son los que vendrán, y los futuros constructores serán mexicanos, pero no los viejos que sirvieron durante treinta años a la dictadura porfiriana, sino los jóvenes que se hayan formado al lado de los ingenieros extranjeros.[272]

De hecho, el asunto estaba ya decidido. A una pregunta del diputado Carlos Cuervo, en el sentido de que los contratos para irrigación estaban firmados en las mismas condiciones que las de caminos, León señaló que se encontraban en pláticas con la J. G. White Engineering Corporation, pero que no se podía firmar contrato alguno hasta no tener lista la ley; había sólo un convenio para traer a los mejores cinco ingenieros, a quienes en caso de no llegar a un arreglo definitivo se les pagarían honorarios sólo por concepto de "asesoría".

Los contratos con las dos compañías norteamericanas no fueron renovados y los trabajos quedaron enteramente en manos de mexicanos, pero se conservó el contacto para asesorías. Mientras tanto,

271 *Ibidem*, p. 10.

272 *Loc. cit.*

nuevos cuadros fueron formados, tomando el relevo previsto en los propios términos del contrato, tal y como se había anunciado: "el contrato prevee ya la substitución eventual del personal extranjero por mexicanos, estableciéndola como gradual y forzosa para todos los puestos de carácter técnico y pericial, y fijando un término, opcional para el Gobierno, de sólo un año para la terminación de todo compromiso con los contratistas".[273]

Así, en 1938 el ingeniero César Jiménez L. presentó una conferencia ante los miembros de la Asociación Mexicana de Ingenieros y Arquitectos, la cual versó acerca de las contribuciones de la Comisión Nacional de Irrigación al adelanto de la ingeniería en México. En el párrafo introductorio, el entonces jefe de Proyectos de la citada Comisión afirmó lo siguiente, dejando constancia de los rápidos efectos de la articulación lograda: "El adelanto de la ingeniería en México está estrechamente vinculado con el adelanto general del país."[274]

El financiamiento de la infraestructura

El recuento de las distintas variables que intervinieron en la decisión de impulsar el desarrollo de la ingeniería civil debe ser acabalado con una cuestión fundamental: el financiamiento. Resulta una obviedad afirmar que sin el concurso de este elemento todos los planes e intenciones sobre el particular devendrían en simple idea, porque, a final de cuentas, el recurso económico es el que confiere viabilidad y concreción a un programa de esa naturaleza. Eso mismo ocurre con todos los programas que reclaman inversión pública, pero de forma destacada ocurre en la esfera de la infraestructura, habida cuenta de los volúmenes de financiamiento necesarios para ello. Pero en el caso de México, en ese momento histórico posterior al triunfo armado de la Revolución en que el erario no se encontraba en condiciones

273 "La Comisión Nacional de Caminos y el Centro de Ingenieros", art. cit., p. 4.

274 C. Jiménez, "Contribución de la Comisión Nacional de Irrigación al adelanto de la Ingeniería en México", *RMIA*, XVI, 3, 1938, p. 127.

óptimas, es doblemente significativo, porque la obtención de fondos para ese propósito no tuvo relación ni fue consecuencia de una programación del egreso público basada en una solvencia hacendaria, ni mucho menos en un superávit. Por el contrario, para financiar la infraestructura fue necesario echar mano de procedimientos extraordinarios, que ponen de relieve la importancia de ese programa dentro de la administración pública.

Ahora bien, estudios recientes sugieren que los bajos volúmenes de inversión pública que se canalizaron durante los primeros años posteriores al triunfo de la Revolución a las áreas relacionadas con el desarrollo de la ingeniería, más que un problema de insolvencia, respondían a una determinada concepción sobre el papel del Estado, que en ese sentido difería muy poco de la práctica porfiriana.

> La Revolución Mexicana contra lo que han afirmado algunos autores, no destruyó el aparato económico del Porfiriato. Sin mayor examen que el de las inexactas y dispersas estadísticas de los años veinte, se ha querido ver a la Revolución como una *destrucción indescriptible*. [...] Pero al mismo tiempo otros estudios reconocen que, a pesar del supuesto número de defunciones, la composición de la fuerza de trabajo se mantuvo entre 1910 y 1921 en alrededor de 27% y el PIB mostró un incremento anual de 2.5% entre 1910 y 1925.[275]

Este autor conviene en el reconocimiento de una crisis, pero derivada de las políticas monetaria y crediticia de los mandos revolucionarios durante la etapa constitucionalista, cuando se desarticuló el sistema bancario y financiero debido a los empréstitos forzosos y la emisión de papel moneda (los famosos *bilimbiques*) por parte de todas las facciones en lucha.

Comoquiera que sea, lo que hay que hacer notar es que, aparte de las dificultades implícitas en un proceso revolucionario en cuanto a dificultades para ejercer una política de egresos, el mismo papel del Estado en este terreno fue sufriendo cambios graduales, y no un cambio radical aparejado a la caída de la dictadura. Es decir, la

275 L. Medina Peña, *Hacia el nuevo Estado: México 1920-1994*, p. 84.

función del Estado como promotor del desarrollo económico fue una función que no se configuró hasta varios años después de la deposición del general Díaz. Así lo hace ver Wilkie cuando analiza la política de gasto después de 1910:

> El uso de los fondos federales que hizo Madero durante su primer año en el poder, así como sus proyectos para el segundo año, nos muestran que Madero era tan conservador en asuntos económicos como en reforma agraria. De 1911 a 1912 Madero y su tío Ernesto, ministro de Hacienda durante todo el año fiscal, planearon emular los desembolsos de Díaz en inversiones económicas, sociales y administrativas. [...] De hecho, Madero no fue más radical que Porfirio Díaz, y tampoco cambió la estructura de gobierno.[276]

Los imperativos planteados no sólo por los líderes disidentes y más radicales, sino por la circunstancia misma, fueron obligando al Estado a asumir un papel más activo en cuanto a la promoción del desarrollo, aplicando como instrumento el ejercicio del gasto. Entre 1913 y 1920 la situación en este sentido cambió poco, con los gobiernos en un papel pasivo. El propio Wilkie elaboró una tabla comparativa del gasto ejercido por el gobierno federal en materia económica, en donde corrobora una inercia efectiva desde Díaz (con un gasto económico *per capita* equivalente a 5.1 pesos a precios constantes de 1950) hasta Obregón y Calles, cuando este indicador subió a 10 pesos y a 16.8 respectivamente (Madero, 5.9; Huerta, 5.9; Carranza, 2.4; De la Huerta, 4.3).[277]

Además de la partida presupuestal correspondiente, en todo ese tiempo el único atisbo de gasto público extraordinario para beneficio de la infraestructura estuvo representado por la Caja de Préstamos para Obras de Irrigación y Fomento de la Agricultura. Esta institución fue una respuesta del gobierno de Díaz a demandas crecientes de apoyo para el campo, como señala en 1908 la nota periodística sobre su fundación:

276 J. W. Wilkie, *La Revolución Mexicana. Gasto federal y cambio social*, p. 80.

277 *Ibidem*, p. 69.

> La Caja de Préstamos, como se ve en el decreto de 17 de junio último, va á poder hacer operaciones directamente con las personas ó sociedades que obtengan concesiones del Gobierno para obras de irrigación, ó por conducto de algún otro Banco de Concesión Federal y bajo su garantía, con empresas agrícolas, ganaderas o explotadoras de combustible mineral y metalúrgico.[278]

Su historia puede dividirse en tres etapas: la primera duró desde su fundación hasta 1912, cuando Madero decidió actuar sobre el problema agrario, introduciendo importantes reformas en el funcionamiento de la Caja para conferirle mayor eficacia en cuanto a la capitalización del sector agrícola. En 1913 entró este organismo semioficial en un periodo de inactividad en el manejo de créditos, originada por una severa crisis de insolvencia financiera y por la inestabilidad política. Una tercera etapa transcurrió entre 1918 y la fecha de su liquidación en 1926.

Idea original de la dictadura porfiriana, y en particular del genio financiero de Limantour, la creación de la Caja de Préstamos para Obras de Irrigación y Fomento de la Agricultura se llevó a cabo en el marco de una reforma monetaria que incluyó otras medidas como la consolidación de la deuda pública, la supresión definitiva de las alcabalas, la reorganización del sistema bancario y la adopción del Patrón Oro. De forma simultánea, una crisis internacional iniciada en 1907 había impactado las operaciones de los bancos de emisión en México, impidiéndoles satisfacer la demanda de créditos a largo plazo, indispensable para el desarrollo de la agricultura: "en 1907 del total de créditos bancarios por 631 millones de pesos, casi el 90 por ciento eran legalmente a corto plazo; sin embargo, en realidad la mayoría eran préstamos otorgados a terratenientes a largo plazo que se presentaban como créditos comerciales".[279] En efecto, la práctica común del sistema bancario era la de operaciones de re-

278 "La Caja de Préstamos para obras de irrigación y fomento de la agricultura", *El Tiempo*, 12 de agosto, 1908, p. 2.

279 A. Oñate Villarreal, "Banca y agricultura en México: la Caja de Préstamos para obras de irrigación y fomento a la agricultura, 1908-1926", p. 30.

cuperación muy lenta que beneficiaban a un reducido número de clientes, con créditos que solían renovarse varias veces e incluso de manera indefinida, lo que poco servía para estimular el desarrollo del sector primario en modalidades diferentes a la que predominaba durante la dictadura.

Haciendo frente a esta situación, y por intervención directa de Limantour, la Secretaría de Hacienda decretó en junio de 1908[280] una inversión de 25 millones de pesos por mediación de cuatro bancos: Nacional Mexicano, de Londres y México, Central Mexicano, y de Comercio e Industria, con el objetivo de facilitar fondos a plazos largos con réditos moderados a las empresas nacionales de irrigación, a las negociaciones agrícolas o ganaderas y excepcionalmente a las que explotaban combustible mineral y a las metalúrgicas. La forma legal de la nueva empresa sería la de sociedad anónima, y la idea básica, según la filosofía del ministro de Hacienda, fue la de procurar que "fuera operada como una empresa capitalista y financiada con capital privado, en la que el propio gobierno interviniera como un socio con prerrogativas especiales. En realidad la aportación consistía en el respaldo del gobierno mexicano para la contratación de deuda externa".[281]

Las primeras operaciones de crédito fueron realizadas en 1909. La Caja de Préstamo estaba autorizada para abrir sucursales en el interior de la República, pero sólo abrió tres: una en Torreón, una en Acámbaro y otra más en Chihuahua. Ese año fueron solicitados y aprobados créditos por un valor de casi 20 millones de pesos, cifra mayor —según Oñate— que la representada por los créditos con garantía hipotecaria concedidos por todos los bancos de emisión. Es decir, en un año de operaciones se habían colocado más de 50 por ciento de los recursos disponibles.[282]

En relación con la participación de este crédito en la creación de infraestructura, cabe resaltar que, de acuerdo con lo estipulado,

280 "Decreto facultando al Ejecutivo de la Unión para invertir, por ahora, hasta veinticinco millones de pesos en obras para aprovechamiento de aguas para la agricultura y ganadería", *Diario Oficial*, 17 de junio, 1908, pp. 778-779.

281 A. Oñate Villarreal, *op. cit.*, p. 48.

282 *Ibidem*, p. 100.

> las empresas que mediante los respectivos contratos de concesión, otorgados por la Secretaría de Fomento, se obliguen a ejecutar obras de aprovechamiento de aguas para la agricultura y la ganadería [...] son las únicas que podrán obtener directamente de la Caja de Préstamos, mediante hipoteca o prenda, los fondos que necesiten para llevar a cabo las mencionadas obras.[283]

De acuerdo con tales estimaciones, no es difícil concluir que en este terreno las posibilidades de financiamiento se redujeron *de facto* a aquellos agricultores con capacidad de manejar sus propiedades con criterios comerciales y métodos modernos. A mediados de 1910 la Caja celebró un contrato con la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas para facilitar la suma de 3 827 460 pesos para obras de desagüe, drenaje y fraccionamiento del Vaso de Texcoco. Estos trabajos, bajo la supervisión de Roberto Gayol, fueron apenas iniciados e interrumpidos definitivamente en 1912, aunque la rescisión formal del contrato no ocurrió sino hasta julio de 1917.[284] En general, parecería que no se pudo controlar que las obras de irrigación se ejecutaran; es posible estimar que quizá un 15 por ciento del total del financiamiento concedido por la Caja se tradujo en obras de riego y electrificación, y mejoras; pero, como la Revolución desarticuló el sistema de pagos y detuvo el flujo de dinero a la Caja, no se puede afirmar que los préstamos hubiesen cumplido con el propósito de ser autoliquidables. Veamos la opinión de Bulnes a este respecto:

> El señor Limantour dispuso de medios para haber emprendido el regadío del país, desde el año de 1900 hasta 1910, gastando en ello 500 millones de pesos, que pudo obtener si evita los derroches en obras innecesarias y de porvenir remoto. Quinientos millones de pesos ha-

283 "Convenio en virtud del cual el lic. José Yves Limantour, secretario de Estado y del Despacho de Hacienda y Crédito Público, en representación del Ejecutivo Federal, otorga, a los bancos Nacional de México, de Londres y México, Central Mexicano y Mexicano de Comercio e Industria, concesión para el establecimiento de la Caja de Préstamos para Obras de Irrigación y Fomento de la Agricultura, S. A.", *Diario Oficial*, 4 de septiembre, 1908, p. 59.

284 *Ibidem*, p. 113.

> brían sido suficientes para dar de comer bien, barato y elevar los jornales de una población de diez millones de habitantes. Cuando el señor Limantour en 1908 fundó la Caja de Préstamos para fomento de la Agricultura, ni por un momento pensó en asuntos de regadío. Su objeto fue librar de un desastre a los bonos de emisión, amenazados de ruina por la gran crisis financiera de 1907, que surgida en los Estados Unidos se extendió a Europa y América. La operación irrigadora del señor Limantour consistió en exigir a algunos hacendados, deudores de los grandes bancos de emisión, que transformasen sus grandes deudas bancarias en hipotecarias con la Caja de Préstamos, recibiendo dichos hacendados sus pagarés extendidos a los bancos, y éstos, en numerario, el importe de las hipotecas.[285]

En su evolución, en sus formas concretas de operación, la Caja de Prestamos reflejó el tipo de país que pretendían construir los diferentes gobiernos y sus ideólogos e instrumentadores, Limantour, Madero, Cabrera y Obregón. A la caída de Díaz se introdujeron modificaciones a la Caja que evidenciaron ya una configuración coherente con la perspectiva abierta por el movimiento revolucionario; una de las medidas importantes fue la adquisición en términos mayoritarios de acciones que se encontraban en poder de los bancos fundadores y de algunos inversionistas principales, por parte del gobierno federal.

> Por la forma en que había operado [la Caja de Préstamos], su efecto real en beneficio de la agricultura se había visto subordinado a los intereses pecuniarios de los bancos. Era necesario convertir a la Caja de Préstamos en una poderosa institución nacional para fines de interés público, que debería prescindir del propósito de obtener altos dividendos para sus accionistas.[286]

Así fue externado durante el debate en la Cámara de Diputados en diciembre de 1911, al discutirse las reformas a la ley sobre crédito agrícola: "no sería razonable ni justo imponer ese sacrificio a los

285 F. Bulnes, *op. cit.*, p. 240.

286 A. Oñate Villareal, *op. cit*. p. 121.

bancos concesionarios de la Caja, quienes son los tenedores de la mayoría absoluta de las acciones".[287]

Desde luego, la reestructuración del organismo crediticio se concibió en paralelo a una política de redistribución de la propiedad agrícola, uno de los asuntos torales del nuevo proyecto nacional, que habría de tener impacto determinante en los asuntos relacionados con el desarrollo de la infraestructura, incluidos los esquemas de financiamiento. De hecho, al ser poseedor de la mayoría absoluta de las acciones, el gobierno federal convirtió este organismo en una institución de crédito oficial encargada de realizar funciones de utilidad pública. Sin embargo, y por motivos que no únicamente tuvieron que ver con la agitación política de la época, los resultados de este sistema de financiamiento en beneficio de obras relacionadas con ingeniería civil fueron casi nulos, y la mayoría del crédito se canalizó a pago de pasivos de haciendas y compañías agrícolas y, en mucha menor medida, a obras de irrigación.[288] En la práctica, la Caja de Préstamos sirvió para fomentar la concentración del ingreso, para paliar errores administrativos y para otras cosas, pero apenas podría decirse que sirvió para los propósitos explicitados, entre ellos la creación de obras de infraestructura. En 1925, al cerrar un ejercicio récord en ganancias de esa institución bancaria y poco antes de su extinción, uno de los vocales de la Caja se refirió así a sus actividades: "este estado aparentemente bonacible [había obtenido ganancias por más de 9 millones de pesos] de la Caja viene a dar una idea de que no está llenando los fines para los cuales fue creada y más bien, a fuerza de ir abandonando los propósitos iniciales, ha venido a constituirse en el más grande latifundista que existe en el país".[289]

Cabe decir que incluso en este tiempo las iniciativas experimentales para allegarse financiamiento para obra pública se hicieron presentes. A fin de ilustrar acerca de ciertos procedimientos que fueron "ensayados" durante esa primera etapa de gobiernos revolucionarios, citaré a continuación los datos que resumen la manera en la que

287 SHCP, "Iniciativa de Ley sobre crédito agrícola", 1 de diciembre, 1911, citado en *ibidem*., p. 121.

288 No más de 5 por ciento del crédito aplicado hasta 1912 fue destinado a obras hidráulicas.

289 "Gran utilidad tuvo la Caja de Préstamos", *Excélsior*, 10 de enero, 1925, p. 1.

intentó materializarse un proyecto de construcción de una presa en el estado de Hidalgo, que constituye, además, una de las pocas iniciativas de la época en cuestión de infraestructura de cierta envergadura. El proyecto original consistía en la construcción de un vaso para 70 millones de metros cúbicos de agua en las cercanías de la cabecera de Huichapan, con un acueducto de 13 kilómetros y medio, a un costo estimado de 740 mil pesos. Esta obra fue realizada bastantes años después y, desde luego, en condiciones por completo distintas a las descritas en este documento, pero lo interesante radica en las modalidades de financiamiento que se estaban experimentando para la obra pública, como se desprende de un oficio dirigido a Madero:

> Lo importante en mi concepto es que el constructor proporciona el dinero necesario con un rédito a razón de 5% anual. Que ese capital o préstamo se le cubrirá en 50 o más anualidades que comenzarán a devengarse después de que la presa esté rindiendo sus productos, a fin de que la presa por sí misma dé lo necesario para pagar el capital y sus réditos. El Gobierno expedirá bonos que tomará el Contratista al precio que usted convenga, y el importe de esos bonos se depositará en un Banco a la disposición del Gobierno para que con ese dinero vaya pagando la obra según se vaya ejecutando y recibiendo a satisfacción del Inspector que nombre el mismo Gobierno.[290]

Con la muerte de Madero las cosas cambiaron. El relativo auge en el otorgamiento de crédito que se había suscitado con la Caja se vino abajo después de la Decena Trágica. Los manejos discrecionales de Huerta sobre las operaciones bancarias, que privilegiaron préstamos forzosos en beneficio personal del dictador, sumados a una política monetaria errática, derivaron en un colapso del sistema bancario y en particular de la Caja, que en 1913 experimentó el último ejercicio de funcionamiento normal. A partir de ahí las operaciones crediticias se redujeron al mínimo y los saldos económicos originados por la violencia comenzaron a elevarse. Los distintos perfiles políticos y

290 "Oficio dirigido al Sr. Presidente de los E.U. Mexicanos Dn. Francisco I. Madero", AGN, Francisco I. Madero, 159.2, exp. 004688, 11 de julio, 1912.

programáticos de las diversas facciones en lucha, aunados a la crisis internacional originada por la guerra mundial, terminaron por inhabilitar el funcionamiento de los procedimientos bancarios y de los mecanismos de inversión en general, y abrieron paso a condiciones de excepción urgidas por la contienda: la ausencia de bases firmes para la circulación de dinero fiduciario, el ocultamiento de los metales preciosos y su consiguiente escasez, fueron elementos determinantes en las pérdidas experimentadas no sólo por la Caja, sino por otras instituciones de crédito. En este periodo la emisión de papel moneda sin respaldo sólido y la requisición de bienes fueron recursos generalizados. La Caja comenzó a aceptar pagos en papel moneda por concepto de intereses vencidos, y poco a poco cayó en situación de insolvencia.

Después de las "Adiciones al Plan de Guadalupe" y de la Ley del 6 de enero de 1915, cuando el constitucionalismo proclamó la necesidad de fomentar una reforma agraria, Carranza intentó adecuar el único instrumento con que contaba entonces para llevar a efecto su versión de la solución del problema agrario. Consecuentemente, el 12 de mayo de 1916 se estableció el control gubernamental sobre el funcionamiento de la sociedad que sustentaba la Caja. Más tarde, en junio de 1917, se le dio jerarquía de institución de Estado.

Al quedar instalado el Congreso, el 15 de abril de 1917, el primer jefe del Ejército Constitucionalista, encargado del Poder Ejecutivo, presentó un balance sobre el estado de la hacienda pública en el periodo precedente, en donde de manera escueta se refirió a la dislocación del sistema en los siguientes términos:

> Al iniciarse la Revolución contra el régimen de Huerta, no pudo seguirse propiamente ningún sistema de finanzas, pues cada jefe militar independientemente tenía que arbitrarse recursos de donde podía obtenerlos. Estos recursos consistían, en la mayor parte de los casos, en requisiciones de monturas, provisiones y artículos indispensables para la campaña en los lugares que ocupaban nuestras fuerzas, y por lo que hace a atenciones que exigían desembolsos de dinero, los jefes revolucionarios no podían hacer otra cosa que tomar préstamos forzosos y utilizar los recursos ganaderos de la frontera del país, donde la Revo-

lución se había iniciado, a fin de arbitrarse los fondos necesarios para compras de armas, municiones y equipo militar.[291]

Cuando a la muerte de Carranza ocupó la presidencia Adolfo de la Huerta, se dio noticia de un saneamiento de las finanzas: "es satisfactorio anunciaros que en muchos de los aspectos de la situación económica nacional y, por ende, también de la situación financiera federal, se vienen notando síntomas inequívocos de mejoría".[292]

Mientras tanto, se empezaban a ensayar fórmulas —acaso no tan novedosas— para canalizar dineros a infraestructura productiva:

> La idea de allegarse recursos para que el gobierno federal tuviera los medios de fomentar la construcción de obras de riego, de tiempo atrás venía imponiéndose al criterio de la Secretaría de Agricultura, que palpaba la necesidad imperiosa de ponerse en aptitud de llevar al terreno de las aplicaciones prácticas sus propósitos especulativos sobre el desarrollo de la irrigación nacional. La idea cristalizó en el proyecto de ley formulado por el director de Aguas a mediados del año 1917, patrocinado por el secretario de agricultura, proponiendo la creación de un fondo especial destinado a fomentar las obras de riego, con los productos que se obtuvieren por el establecimiento de impuestos sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de propiedad nacional.[293]

El proyecto pasó a la categoría de Ley por decreto del Ejecutivo el 6 de julio de 1917, y quedó establecida desde esa fecha "la renta federal sobre uso y aprovechamiento de las aguas públicas sujetas al dominio de la Federación"; la renta se formó con "el importe de la contribución que deberán entregar todos los concesionarios de aguas federales desde el momento en que sea firmado el contrato-concesión".[294]

291 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 4. La hacienda pública*, t. 2, p. 299.

292 *Ibidem*, p. 350.

293 J. Herrera y Lasso, *Apuntes sobre irrigación: notas sobre su organización económica en el extranjero y en el país*, p. 191.

294 "Decreto expedido por el C. Presidente de la República con fecha 6 de julio de 1917, estable-

De cualquier manera, la obra pública en esos años fue insignificante, pues se redujo el mantenimiento de algunos caminos, y a atender solicitudes de puertos presentados generalmente por compañías petroleras. Por ende, la dinámica financiera también mostró en este sentido una actividad muy pobre. La vía de los empréstitos tampoco sirvió para dar impulso a los requerimientos de infraestructura, no obstante que gestiones de Álvaro Obregón, con asesoramiento de Pani, intentaron a mediados de 1922 restablecer al país como sujeto de crédito, según un memorando firmado el 16 de junio de ese año, documento en el que, después de comprometerse a la "reanudación del servicio de la Deuda Exterior del gobierno de México en estricta consonancia con sus posibilidades financieras", procuraría fondos para obras:

> el Presidente Obregón recomendó al Secretario de la Huerta que tratara de concertar previamente un empréstito que, invertido en la construcción de obras de irrigación y el establecimiento del Banco Único de Emisión, mejorará la situación económica del país y la capacidad fiscal del Gobierno hasta el punto de asegurar la satisfacción de las condiciones pactadas.[295]

Una nueva y decisiva etapa del financiamiento, en lo que compete a la inversión en infraestructura, se inicia con la llegada de Plutarco Elías Calles a la máxima magistratura. No se trató sólo de una forma diferente de entender la acción del Estado, sino de los tiempos propicios para hacerlo. Dice Medina Peña sobre el particular:

> las medidas desplegadas por Obregón, Calles y el Maximato, difícilmente pueden catalogarse bajo el rubro de reconstrucción económica, como se manejó en la época y perdura en los escritos de muchos historiadores. Las medidas y políticas puestas en marcha durante los años veinte y la primera parte de los treinta, se dirigieron a recuperar

---

ciendo la renta federal sobre uso y aprovechamiento de las aguas públicas sujetas al dominio de la federación", *Diario Oficial*, 11 de julio, 1917, p. 785.

295 "Memorando sobre la posibilidad de restablecer la vigencia del Decreto que ratificó el convenio de 16 de junio de 1922", APEC, exp. 45, leg. 2/6, inv. 4322.

> la confianza, reactivar la economía y reintegrar el mercado interno deprimido y fraccionado. Pero la aportación principal de esos gobiernos fue dotar paulatinamente, según las circunstancias del o de los problemas que se atacaban, de instrumentos institucionales al Estado posrevolucionario para intervenir en la economía, ante la desconfianza del empresario y del ahorrador y la ausencia de recursos del exterior.[296]

Es el comienzo de un Estado activo en materia económica. "Durante la administración de Ortiz Rubio en 1930 y 1931 —dice Wilkie— la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas entró en funciones para dar nueva vida a la economía en época de crisis."[297] En esos años, en efecto, el gasto en pesos *per capita* de la SCOP llegó al doble de lo ejercido entre 1900 y 1910. Cabe añadir que otro acontecimiento de importancia tuvo lugar entonces con la creación del Banco de México el 31 de agosto de 1925, que, entre otras cosas, favorecería la disposición de liquidez mediante la facultad de "emitir billetes por una suma que no excederá del doble de la existencia de oro en caja, en barras o monedas nacionales o extranjeras".[298] Establecido con un fondo inicial de cincuenta millones de pesos oro, el Banco de México otorgó control financiero al aparato de Estado.

Desde luego, en este contexto no fue coincidencia que nuevas fórmulas y nuevos esquemas de financiamiento hayan aparecido cuando fueron creadas las comisiones de Caminos y de Irrigación. Se trata en todos los casos de programas presidenciales que adquirieron alta prioridad, y que obedecieron a causas y circunstancias antes ya analizadas en el presente trabajo. En su primer informe presidencial, Calles daba ya la noticia de ese paso fundamental, que inició con la atención a la red de carreteras:

> Está ya funcionando la Comisión Nacional de Caminos creada de conformidad con la ley de 30 de marzo último [1925] para administrar

296 L. Medina Peña, *Hacia el nuevo Estado...*, p. 86.

297 J. W. Wilkie, *op. cit.*, p. 178.

298 "Ley que crea el Banco de México", *Diario Oficial*, México, 31 de agosto, 1925, cap. II, art. 2°.

> y aplicar los fondos que se recauden por concepto del impuesto sobre ventas de primera mano de gasolina, establecido por la propia ley, así como los productos del impuesto *ad valorem* sobre tabacos labrados, destinados a la construcción de caminos nacionales.[299]

En efecto, con la creación de la Comisión Nacional de Caminos se contempló la creación paralela de una fuente de financiamiento extraordinaria para apuntalar ese propósito. El 31 de agosto de 1925 el *Diario Oficial* publicó una "Ley estableciendo un impuesto federal sobre la gasolina destinada al consumo en el interior del país", en donde se destacaban —para asuntos relacionados con el presente tema— los siguientes artículos:

> Artículo 6°. El impuesto de aplicará exclusivamente a la construcción, conservación y mejora de caminos nacionales. Art. 7°. Una Junta denominada "Comisión Nacional de Caminos" e integrada por tres miembros, dos de los cuales serán representantes del Ejecutivo Federal, nombrados respectivamente por conducto de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y de Comunicaciones y Obras Públicas y el tercero, representante de los causantes y designado por ellos, administrará y aplicará los fondos del impuesto, tal como lo prescriba el Reglamento respectivo. Art. 8°. Dicha Comisión procurará distribuir y aplicar los fondos recaudados, en cuanto fuere compatible con los intereses generales, de manera de producir en cada región un beneficio proporcional al consumo de gasolina.[300]

La importancia concedida a la construcción de caminos fue tal que, además de las anteriores disposiciones, se establecieron mecanismos de salvaguarda para el financiamiento suficiente, según se observa en un "Decreto" publicado en el *Diario Oficial* el 7 de agosto de 1925:

299 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 8. Las comunicaciones*, p. 197.

300 "Ley estableciendo un impuesto federal sobre la gasolina destinada al consumo en el interior del país", *Diario Oficial*, 31 de agosto, 1925, 53, p. 1.

> Único: Se autoriza a la Comisión Nacional de Caminos creada por Ley de 30 de marzo último, para que en caso de que la recaudación de los impuestos destinados a la construcción y mejora de caminos nacionales no alcance mensualmente la suma de un millón de pesos, emita letras o pagarés con cargo a la Tesorería General de la Federación y a favor de la compañía con la que contratare la dirección de las obras, por la diferencia insoluta que resulte después de agotado el monto de los impuestos mencionados.[301]

La iniciativa, según una valoración de la propia Comisión Nacional de Caminos, resultó muy funcional y mostró efectos colaterales igualmente benéficos para las políticas oficiales:

> Una vez planeado en lo general el sistema de los caminos nacionales de necesidad ingente, el Gobierno Federal se propuso realizarlo con prontitud, aun sacrificando la conveniencia de iniciar los trabajos bajo una organización perfecta y una economía más visible que real; además las condiciones especiales que prevalecieron en el país al cabo de la rebelión de 1924, exigían que se proporcionara fuentes de trabajo en diversos lugares, que tendieran a equilibrar la situación económica, obteniendo a la vez un beneficio de carácter general. La construcción de los caminos no significaba sólo una derrama del dinero de los gastos que ella en sí representaba, sino el aumento del comercio, la creación de nuevos elementos de transporte y la facilidad de las transacciones de toda especie. Se procuró desde luego abrir la mayor longitud de camino posible acondicionando para el tráfico de automóviles y llevar la construcción en forma integral, que fuera mejorando la condición del camino conforme aumentara su tráfico, sin paralizar éste una vez creado. Por lo demás, se consideró que si para ejecutar las obras proyectadas se contaba como factor esencial con el producto del impuesto sobre la gasolina, lo indicado era procurar el mayor rendimiento de este recurso, dando preferencia a la unión de los centros de población que contaran con más vehículos, dentro de la línea aceptada.[302]

301 "Decreto", *Diario Oficial*, 7 de agosto, 1925, p. 802.

302 Comisión Nacional de Caminos, *Trabajos presentados al Segundo Congreso Nacional de Caminos 1928*, p. 4.

Acerca de los dineros, el referido informe revela lo siguiente:

A partir de 1925, hasta julio del año actual [1928] o sea en tres años, el Gobierno Federal ha puesto a disposición de la Comisión Nacional de Caminos, la cantidad de $28 312 868.67, de los cuales se han invertido en maquinaria y equipo $5 167 201.50. El impuesto sobre gasolina, creado y destinado a la construcción y mejoramiento de los nuevos caminos, que produjo a su iniciación efectiva, en el 4° Bimestre de 1925, $710 452.69, alcanzó en el 4° Bimestre de 1928 a $1 136 013.37 y su rendimiento total hasta el 30 de junio del año actual, ha sido de $17 376 901.54. Hay pues una diferencia aproximada de $10 000 000.00 entre el rendimiento del impuesto creado para la construcción o mejoramiento de los caminos destinados al tráfico automovilístico y la suma aportada por el Gobierno, y éste ha intentado, al llevar a la práctica su proyecto de construcción de caminos, que el aumento de la red, su conservación y su mejoramiento se constituya en un servicio público estable que debe y puede bastarse a sí mismo y ser mantenido por los beneficiados directamente con él, mediante la disciplina que impone automáticamente la erogación de un gasto que se considera por todos los causantes del impuesto como una inversión productiva e inmediatamente útil a sus intereses. Este gravamen se irá desarrollando por etapas, la primera general, equitativa y poco sensible se ha aplicado al consumo del elemento propulsor. Quien más usa de él, más interés tiene en que se aumente el radio de acción de su vehículo. Después habrá de aplicarse en justicia y en forma proporcional a sus ganancias, a quienes especulen con los caminos acondicionados en provecho directo. Tales son los comerciantes en carruajes y los explotadores de empresas de transportes, pues no resultaría equitativo que a unos se les ampliara sin costo ni esfuerzo para ellos el campo de su clientela y a los otros se les proporcionara y conservara gratuitamente una vía de comunicación con fines de especulación, cuando empresas similares y de utilidad pública no menor tienen que invertir fuertes sumas con ambos fines. Posteriormente, el aumento del valor de la propiedad territorial que se deba al establecimiento de los nuevos caminos, deberá contribuir en parte proporcional al aumento del fondo destinado a la conservación de dichas vías de comunicación. Estas consideraciones impulsaron al Gobierno Federal a estabilizar desde luego el sistema

de tributaciones destinado a los caminos, fomentando el uso de los vehículos automóviles.[303]

En el doble papel de funcionarios y profesionistas, los ingenieros involucrados en la construcción de caminos se preocuparon también por garantizar las fuentes de financiamiento para las obras. Un ejemplo de ello lo constituye la iniciativa presentada en junio de 1926 por el ingeniero Luis Meyer titulada "Provisión de fondos para construir carreteras", que fue publicada por la *Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*:

> En mi concepto, es preciso tener en cuenta los siguientes puntos al tratarse de conseguir fondos para la construcción de caminos modernos y para atender su conservación: 1) conseguir un empréstito; 2) emitir bonos, siendo la consideración principal que la vida de dichos bonos no debe pasar la vida útil del camino; 3) formar Compañías Cooperativas, en cuanto a las obras que se emprendan por particulares; 4) imponer una contribución sobre gasolina a tanto por litro; 5) acumular los productos de las multas a que se refiere mi estudio sobre un Reglamento de Tráfico General para toda la República; 6) que los productos de las revalidaciones y licencias para conducir los reserven y remitan los Ayuntamientos a una Oficina General; 7) como los buenos caminos benefician a todos los moradores de cualquier país o estado, ya que reducen notablemente el alto costo de la vida y en virtud de producir prosperidad general, todos deben contribuir (aún los no inmediatamente cercanos a ellos), y por eso propongo: a) una contribución sobre telegramas o correspondencia; b) una contribución sobre los colindantes con el camino, pues éste aumenta grandemente el valor de sus propiedades; c) si se opta que sea conveniente, que entreguen todos los Ayuntamientos un porcentaje de sus entradas en proporción a los kilómetros de caminos en sus jurisdicciones; d) una contribución general en todo el país sobre cada boleto de camión que se venda; e) una contribución progresiva sobre los automóviles particulares y especialmente sobre los *truks;* f) que a los carros de remolque se les aumente ligeramente dicha contribución; g) que los carros de dos

303 *Ibidem*, p. 6.

ruedas, que son tan perjudiciales para el camino moderno y un estorbo para el tráfico fácil, les sea impuesta una contribución prohibitiva con el fin de obligar a su desuso.[304]

La obra comenzó a materializarse de acuerdo con un plan maestro que conectaba el territorio nacional en extenso. Con más de medio siglo de virtual abandono, la red de caminos despertó un vivo interés, alimentado además por el creciente uso del automóvil. Según el Departamento de Estadística Nacional, en 1925 circulaban ya más de 40 mil automóviles en todo el país.[305] El entusiasmo fue tal, que la colaboración en las construcciones no sólo incluyó al gobierno federal, sino a los estatales, municipales e incluso a particulares, que "se interesan vivamente por estudiar la manera de hacer efectiva, a la mayor brevedad, la construcción de caminos carreteros".[306] En medio de este ambiente, el impuesto principal de tres centavos por litro de gasolina en ventas de primera mano se elevó a partir del 1° de enero de 1929 a cuatro centavos. A finales de ese año se habían invertido ya 40 millones de pesos en los caminos, de los cuales los productos del impuesto a la gasolina sumaron 30 millones y los 10 restantes los puso el propio gobierno apoyándose en otras fuentes de ingreso fiscal, como la del Tabaco.

En 1930, durante las deliberaciones del Tercer Congreso Nacional de Caminos, se propuso la contratación de un empréstito, con aprobación del Congreso de la Unión, "hasta por la cantidad de 150 millones de pesos, con la garantía del producto del impuesto a la gasolina".[307] La suma global obtenida entre 1926 y 1930 por concepto del impuesto a la gasolina había llegado a 35 370 844 pesos, a los que se añadieron partidas adicionales de poco más de 20 millones, con cargo al presupuesto federal.[308]

304 L. Meyer, "Provisión de fondos para construir carreteras", *RMIA,* IV, 6, 15 de junio, 1926, pp. 327-333.

305 "Actividades de la Comisión Nacional de Caminos", *RMIA*, VIII, 1, 15 de enero, 1930, p. 6.

306 *Ibidem*, p. 3.

307 "Resoluciones tomadas del Tercer Congreso Nacional de Caminos", *RMIA*, VIII, 5, 15 de mayo, 1930, p. 223.

308 "Cincuenta millones de pesos invertidos hasta hoy en carreteras", *Excélsior*, 21 de enero, 1931, p. 3.

Más adelante, al quedar concluida la carretera México-Nuevo Laredo, con 1 228 kilómetros de longitud y una inversión de 61 millones de pesos, el entonces subsecretario de Comunicaciones y Obras Públicas, ingeniero Vicente Cortés Herrera, dijo durante la ceremonia inaugural:

> Desde el punto de vista económico y como resultado inmediato de la apertura al tránsito de este camino, se tendrá un aumento muy importante en el número de vehículos automotores en el país, y en consecuencia un consumo mayor de gasolina, lo que propiamente se traduce en mayores ingresos para la Federación y para los Estados por el concepto del impuesto sobre dicho combustible. De esta manera será posible disponer de mayores fondos para continuar construyendo nuestra red de carreteras, posibilidad que, ayudada con el crédito, hará factible en una forma más rápida el cumplimiento de los programas que se ha impuesto el actual Gobierno.[309]

Para entonces se habían hecho algunas modificaciones a la política de inversión en ese rubro de la infraestructura. El impuesto directo a las compañías petroleras por la venta de gasolina se transformó posteriormente en impuesto directo al público, con exclusión de otro gravamen sobre el uso de automóviles, tractores, camiones, etcétera: "Puede decirse que en la actualidad no existe tributación más equitativa, ni que los causantes cubran con mayor satisfacción. Los ingresos fiscales por ese concepto han venido aumentando paralelamente al aumento de la red de caminos."[310] En efecto, desde 1926 hasta 10 años más adelante, el Estado invirtió en carreteras las sumas siguientes: construcción directa por la Federación: 93 241 000 pesos; conservación: 10 973 000 pesos; cooperación con Estados, antes de juntas privadas: 21 137 000 pesos; y por amortización de Bonos de Caminos, 9 988 000 pesos. A lo anterior hay que agregar una suma aproximada de 30 millones gastada por el Estado anteriormente a la Ley de Cooperación, así como con posterioridad a ella, más de lo

309 "Ecos de la inauguración de la Carretera México-Nuevo Laredo", art. cit., p. 402.

310 *Ibidem*, p. 414.

que la Federación había seguido invirtiendo desde que se formaron los anteriores datos a ese 1926, con lo que no es exagerado ofrecer un total, en números redondos, de 170 millones de pesos.

En relación con las obras de irrigación —que como ya se ha mencionado constituyen uno de los dos ejes fundamentales para el desarrollo de la ingeniería civil en nuestro país—, habría que empezar por decir lo siguiente: dado que México era una economía preponderantemente agrícola, se antoja inaudito el hecho de que el Estado no hubiera emprendido de forma sistemática, sino sólo muy ocasionalmente, la tarea de estimular los niveles de productividad del campo a través de diversas acciones dentro de las cuales —acaso la principal— se encontraba precisamente el riego.

En efecto, hasta la creación de la Comisión Nacional de Irrigación, la labor constructiva para el abasto de agua era, en términos cuantitativos y cualitativos, irrelevante, y esa función descansaba en lo que los particulares emprendían por cuenta propia, lo que ni de manera remota podía satisfacer los requerimientos en esta esfera, dada la magnitud de la empresa. De hecho —y como ya también se ha apuntado antes— esta clase de compromisos que comenzó la administración de Calles y fue continuada por sus sucesores apuntaló la configuración de un Estado activo.

De nueva cuenta, el asunto del financiamiento fue una cuestión toral. Las iniciativas emprendidas en esa dirección hasta antes de 1926 fueron tímidas e insuficientes, aunque de hecho emergieron como uno de los compromisos políticos de los gobiernos emanados de la Revolución desde temprano y, en todo caso, se llevaron a cabo de forma paralela a las funciones que por definición tenía la Caja de Préstamos.

Una vez aprobada la Constitución se emitió un decreto sobre uso de aguas en donde aparecieron ya incorporados los elementos de política social que servirían para el posterior desarrollo de la infraestructura hidráulica y en el que se procuraban fondos alternativos para financiarlas. Sobre las obras de almacenamiento o de regularización, el decreto expedido por el presidente el 6 de julio de 1917 partió de la consideración de "que tanto por su importancia como por su reducido atractivo como inversión, salen de los límites de la

actividad privada, [y] es obligación del Estado acudir a la realización de esas obras en obsequio de los intereses colectivos que le están encomendados";[311] y, además, señaló:

> como tal programa de política hidráulica para su completo desarrollo exige desembolsos que el Gobierno no podrá hacer a expensas de su presupuesto ordinario de ingresos, sin que se redujeran partidas en sus gastos que merecen igual atención, se considera de un alto interés nacional la incrementación de Presupuesto de Ingresos por medio de una nueva renta que pueda destinarse tanto al establecimiento de un servicio especial de policía y vigilancia de aguas federales, cuanto a la ejecución de obras de riego y aprovechamientos hidráulicos de interés general que por este carácter están llamados a transformar en breve plazo las condiciones de producción del país.[312]

La cuota del impuesto fue fijada a razón de cinco centavos por cada millar de metros cúbicos anuales para el caso de riego en terreno propio, y de diez centavos para terrenos ajenos por medio de compañías o sociedades irrigadotas. Asimismo fue fijada una cuota similar para el caso de concesionarios de presas o vasos de almacenamiento de aguas establecidos a expensas de corrientes de jurisdicción federal.

Todo indica que una conjunción de problemas habría de determinar que el programa hidráulico y sus respectivos mecanismos de financiamiento deviniesen en poco menos que letra muerta. Una cadena que se iniciaba con la evasión, seguida de una casi completa ausencia de controles para evitarla, y rematada con una política agraria en la que los requerimientos de irrigación se fueron postergando, constituyen el común denominador de la época, hasta el cambio cualitativo que se verificó con el nacimiento de la Comisión Nacional de Irrigación. Mientras tanto fueron experimentados diversos ordenamientos legales, todos ellos con una funcionalidad similar.

311 "Decreto expedido por el C. Presidente de la República estableciendo la renta federal sobre uso y aprovechamiento de aguas públicas sujetas al dominio de la Federación", doc. cit., p. 785.

312 *Loc. cit.*.

A continuación presento un resumen de tales reformas incluido en un decreto del 19 de julio de 1926, que fue ya la plataforma sobre la que se desplegaría el nuevo programa de irrigación:

> Considerando. Primero.- que subsistiendo las razones que fundaron la expedición del Decreto de 6 de julio de 1917, relativo al impuesto sobre uso y aprovechamiento de aguas de propiedad nacional, ya que la aplicación de esas aguas a los diversos usos de traduce en mejoramiento de los terrenos y creación de fuentes de riqueza en beneficio de intereses particulares; y, por otra parte, estando preceptuado que los usuarios contribuyan proporcionalmente a sus dotaciones [...] a los gastos que el Gobierno Federal erogue para el mejor funcionamiento del sistema administrativo en materia de aguas, el cual para su completo desarrollo no puede hacerse a expensas de los presupuestos ordinarios de ingresos, se ha acordado que subsista el impuesto creado por el Decreto al principio mencionado. Segundo.- que durante el tiempo que llevan de estar en vigor los decretos de 6 de julio 1917, del 27 septiembre del mismo año, 11 de junio y 22 de diciembre 1921, 3 de junio 1925, la Circular aclaratoria del primer decreto, los acuerdos presidenciales de 14 de noviembre 1918, de 28 de septiembre 1922, 1 de febrero 1923 y de 24 de julio 1924, relativos al impuesto establecido sobre el uso de aguas sujetas al dominio de la Federación, se han presentado dificultades originadas por vaguedad y contradicciones de sus prevenciones, que han motivado inconformidades de gran número de causantes de dicho impuesto. Cuarto.- que como muchos usuarios de aguas de propiedad nacional no han hecho hasta la fecha la manifestación correspondiente, ni han pagado el impuesto relativo, no obstante que sobre el particular se previno en los Decretos de 6 de julio y 27 de septiembre de 1917, se ha considerado necesario establecer un recargo sobre el impuesto que adeudan. Art. 2.- Están obligados a pagar un impuesto federal sobre aprovechamiento de aguas de propiedad nacional, a partir del 1 de julio de 1917: I.- Todos los concesionarios y confirmatarios: los primeros por el derecho concedido, a contar de la fecha de sus contratos y en los términos del artículo 13 de este Decreto, y los segundos desde la fecha de declaración de propiedad nacional de la corriente respectiva.[313]

313 "Decreto refundiendo, adicionando y modificando las prevenciones de los distintos ordena-

En la perspectiva de echar a andar la obra de irrigación para fomento agrícola, las fuentes de financiamiento fueron explorándose en cuanto a la conveniencia de diversificarlas. Así se constata, por ejemplo, con las propuestas de José Herrera y Lasso, uno de los protagonistas mejor enterados del programa, quien en 1923 sostenía que

> en el proceso de fomento de la irrigación —especialmente en los países nuevos como México, que necesitan convertir en riqueza efectiva sus recursos naturales agrícolas que se encuentran en estado latente y en donde la acción oficial no puede acelerar ese proceso más allá de lo limitado de sus recursos pecuniarios— no sería cuerdo renunciar al concurso de la iniciativa y del capital privado, constituidos y actuando como empresas irrigadoras que persiguen fines francamente lucrativos.[314]

mientos vigentes relacionados con el uso y aprovechamiento de aguas de propiedad nacional", *Diario Oficial*, 19 de julio, 1926, p. 3.

314 J. Herrera y Lazo, "La actuación de las empresas privadas en la política hidráulica nacional", *RMIA*, 1, 6, 15 de agosto, 1923, p. 333.

III. LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS

La Escuela Nacional de Ingenieros, uno de los planteles fundacionales de la Universidad Nacional en 1910, fue la instancia académica que sirvió de base para el desarrollo de la ingeniería civil en el país. Consecuencia del alto grado de centralización que ha sido característico de las estructuras institucionales en México, este plantel asumió casi por cuenta exclusiva la creación de una comunidad científica especializada, y hacia él se canalizaron los mayores recursos no sólo pecuniarios, sino de toda naturaleza, lo que le permitió funcionar como una dependencia articulada con los órganos ejecutivos —especialmente la secretaría del ramo y las comisiones nacionales involucradas en la creación de infraestructura—, de tal manera que su trayectoria y su participación en esta esfera de actividad fue más allá de sus cometidos académicos vistos en estricto sentido. Cabe aclarar que las anteriores observaciones se refieren a la ingeniería civil y no a otras áreas de la ingeniería, dado que la presencia regional de entidades educativas marcó el desarrollo de la ingeniería en otras localidades del interior de la República, como Guanajuato, Estado de México y Jalisco, y las asociaciones gremiales lograron influencia en el acontecer de sus respectivos entornos. El proceso de diversificación que acompañó a una incipiente descentralización tuvo lugar apenas años después de consumada la Revolución, y aun en esas circunstancias la Universidad Nacional continuó siendo la formadora de ingenieros civiles por antonomasia.

Tal circunstancia explica una dinámica de interacción entre la obra pública y los aparatos de la administración federal con las ac-

tividades del citado plantel. El acontecer institucional de la Escuela Nacional de Ingenieros se explica en el doble juego de su desarrollo académico interno y los ajustes operativos que su medio externo natural le iba requiriendo en razón de esa articulación funcional. De forma especial habría que mencionar los ajustes cuantitativos y cualitativos de sus diseños curriculares y la permanente rotación de papeles entre funcionarios y académicos.

Debe ser mencionada la participación en este sentido de otras entidades académicas, si bien sus aportaciones a la formación de una masa crítica especializada fueron modestas; se trata de los ingenieros militares y de la Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos Electricistas, antecedente de la ESIME del IPN.

La enseñanza de la ingeniería civil en la Universidad Nacional

El proceso de interacción que tuvo lugar entre las entidades educativas dedicadas a la formación de ingenieros —de forma muy particular la Escuela Nacional de Ingenieros, adscrita a la Universidad Nacional— y el contexto de la práctica profesional se consolidaron una vez que se hubo definido la fracción vencedora en la gesta revolucionaria. Como se ha expuesto en el capítulo precedente, este fenómeno fue el resultado de las condiciones concretas que planteó el proyecto nacional configurado después de la lucha armada, en aprovechamiento de la plataforma profesional lograda en las postrimerías del porfiriato; de tal manera que a partir de 1917 el plantel educativo por antonomasia destinado a la formación de cuadros entró en una dinámica de constante innovación, bajo el impacto de los requerimientos que el desarrollo de la infraestructura iba planteando. Las reformas a programas y planes de estudio, la cobertura educativa, los espacios abiertos y destinados a investigación, los equipamientos y, en fin, la adopción de nuevos criterios y hasta de nuevos paradigmas en el desempeño de esta práctica educativa, constituyeron elementos determinados no por deliberaciones teóricas, sino por exigencias tangibles de contexto, llevadas a efecto, desde luego, bajo la

responsabilidad de los órganos colegiados previstos por la legislación universitaria. Cabe traer a colación la preocupación, ya ostensible antes del estallido armado, por ponderar los aspectos prácticos en la enseñanza de la ingeniería.

Esta tendencia se evidenció desde la temprana fecha de 1911, lo que habría de facilitar el acoplamiento de esta escuela con el programa que se fue configurando durante la lucha armada y después con la consolidación del nuevo régimen. En un informe del director del plantel, ingeniero Luis Salazar, presentado ese año de 1911, aparecía con toda claridad esa dinámica de ajuste:

> La Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes se ha propuesto satisfacer las necesidades que el sentido práctico del presente reclama en la República y se sirvió acordar se estudie la manera de establecer en la ENI carreras de corta duración y a la vez carreras largas de altos estudios para el doctorado.[315]

Fueron diversos los factores que propiciaron esa colaboración entre la Universidad y el gobierno, y resulta claro que dicha colaboración se hizo —al menos en el caso de la ingeniería— bastante fluida después de 1917, pero no deja de ser sorprendente cómo fueron sorteados diversos momentos críticos, como la etapa inmediata a la caída de Díaz o el gobierno de Huerta. De hecho, podríamos tipificar esa relación entre la Universidad y el Estado en dos etapas distintas: los ajustes, reacomodos y definiciones exigidas durante la convulsión violenta, y las articulaciones funcionales y el apoyo recíproco una vez aprobada la Carta Constitucional. Acerca de los momentos iniciales de los regímenes posporfiristas, Garciadiego señala lo siguiente:

> Al margen de decisiones triviales aunque simbólicas, como el retiro de las imágenes de Don Porfirio de todas las oficinas universitarias, al

315 AHUNAM, Escuela Nacional de Ingenieros, Proyecto del plan de estudios de la Escuela de Ingenieros presentado a la SIPyBA por el director de la Escuela Luis Salazar, 1911, caja 21, exp. 31, ff. 12-43.

principio Madero sólo hizo propuestas educativas moderadas, tratando de dar continuidad al proyecto universitario de Sierra: conservó a Eguía Lis como rector, y sustituyó a Vázquez Gómez y a López Portillo, secretario y subsecretario de Instrucción Pública con León de la Barra y exreyistas enfrentados en una batalla sin cuartel contra los *Científicos*. Los sustitutos fueron Miguel Díaz Lombardo y Alberto J. Pani, y aunque ninguno era *Científico*, tampoco eran rechazados por éstos; además ambos estaban ligados al sistema educativo nacional y a la Universidad Nacional en particular.[316]

La decisión de conservar tranquilos a los estudiantes universitarios, complementada con la inclusión de funcionarios favorables a la institución —el papel que Pani jugaría en el proceso que nos ocupa es bien conocido—, fueron de cualquier manera elementos que garantizaron la continuidad de las actividades académicas y esa articulación fundamental en el futuro de la ingeniería civil.

Desde luego no debe malinterpretarse esa evolución en los trabajos universitarios. En realidad lo interesante es que siendo una institución porfiriana no hubiese sido exterminada por los revolucionarios. La Escuela Nacional de Ingenieros había refrendado una relativa autonomía como institución científica desde antes de la fundación de la Universidad. Ya en 1905 las autoridades federales habían decidido poner en manos de la mencionada escuela las escrituras primordiales del Palacio de Minería, su sede, ya que "acreditan la parte más importante de la historia referente a su fundación y ya que además tienen la buena fortuna de poder considerar a esa Escuela como una de las que más útiles han sido para el progreso intelectual de México".[317]

Incluso el triunfo carrancista supuso condiciones diferenciales para la casa de estudios universitarios. La oferta explicitada por el jefe constitucionalista hasta 1915 versaba sobre tres ejes principales: otorgar cabal autonomía a la Universidad, suprimir de su control a la escuela Preparatoria y reservarla únicamente para escuelas pro-

316 J. Garciadiego, *op. cit.*, pp. 158-159.

317 "Oficio dirigido al Sr. Ing. Dn. Mateo Plowes, Director de la Escuela Nacional de Ingenieros, por el Sr. Ezequiel A Chávez", 6 de abril, 1905, AHPM, 1905-II-283, exp. 4, p. 1.

fesionales, y un proyecto de actualización y mejoramiento mediante reformas a todos los planes y programas de estudio.[318] Diversas circunstancias influyeron para que muchos de estos propósitos permaneciesen sin cumplimiento y a mediados de 1916 la institución universitaria perdía fuerza relativa por decisión oficial, al separarle importantes dependencias como la misma Preparatoria, que pasó a control de la Dirección General de Educación Pública. La carrera de arquitectura, planeada para incorporarse a la Escuela Nacional de Ingenieros desde 1914, fue a la postre incorporada a la Escuela de Bellas Artes.[319]

La aceptación de la Universidad por el nuevo régimen no fue desde luego sólo asunto del perfil académico de la institución y de la presunta neutralidad implicada en éste. La razón determinante, al menos desde el punto de vista de quien esto escribe, es que la concepción carrancista de un proyecto nacional requería echar mano de todos los dispositivos potencialmente disponibles para una nueva etapa de acumulación con un énfasis mucho mayor en la vertiente nacionalista, y con una mucho más acentuada incorporación funcional de contenidos prácticos. Se trataba, para decirlo de otra manera, de preparar las condiciones para un modelo de desarrollo dirigido por una burguesía mestiza, más dinámica y más independiente que la porfiriana. Sobre este particular se ha abundado en el capítulo precedente. Aquí basta con subrayar que dentro de ese conjunto de elementos prácticos se encontraba sin duda el cúmulo de conocimientos y habilidades logrados por la ingeniería local, a todas luces subaprovechado por la dictadura porfiriana, no obstante que ella misma lo había estimulado. Esta circunstancia embonaba a la perfección con la apremiante necesidad de impulsar el desarrollo de la infraestructura.

318 J. Garciadiego, *op. cit.*, p. 308.

319 Un comunicado de la Secretaría de Instrucción Pública, fechado el 24 de mayo de 1916, señalaba que "como en la Escuela de Bellas Artes ha continuado incluida la carrera de arquitecto, y no había ninguna razón ostensible para privar a éstos de su carácter facultativo, esta Secretaría ha tenido a bien acordar se proceda a discutir, por el Consejo Universitario, la creación de una Facultad especial de Arquitectura". *Cfr.* "Va a ser creada una Facultad especial de Arquitectura", *El Demócrata*, México, 24 de mayo, 1916, p. 3.

Por supuesto, antes de consumar el paso de incorporar a los ingenieros mexicanos como protagonistas del nuevo esquema, fue menester realizar "pruebas de fidelidad". El triunfo de Carranza supuso, desde luego, una depuración del magisterio, en el mismo sentido que la que se aplicó a todos los trabajadores al servicio del Estado, pero con una consideración especial por tratarse de la educación. El oficio, firmado por Palavicini en diciembre de 1915 apuntaba:

> Por acuerdo del Ciudadano Primer Jefe del Ejército Constitucionalista [...], la Secretaría de Gobernación ha girado circular a los Gobernadores de los Estados, a fin de que las personas consideradas como enemigos del Constitucionalismo, por haber prestado servicios activos a la usurpación, o negado sus contingentes al desarrollo y triunfo de la Revolución, sean separados de los cargos públicos que por cualquier circunstancia desempeñaren, y excluidos de tomar parte en las funciones oficiales donde su labor no puede prestar la confianza necesaria. [...] En tal virtud, con esta fecha se servirán el Rector de la Universidad Nacional y los encargados de las Direcciones Generales y del Departamento Administrativo de esta Secretaría, ordenar a todos sus empleados administrativos de las oficinas bajo su dependencia, presenten a la mayor brevedad constancias de sus antecedentes, para poder proceder desde luego como corresponda. Teniendo en consideración que los Maestros de Escuela y el personal docente, salvo en casos excepcionales que se castigarán, no han ayudado a facción, partido o Gobierno determinado, sino que consagrándose exclusivamente a la causa benemérita de la Educación Nacional, de hecho han coadyuvado con la Revolución en la conquista de sus más puros ideales, como es el de redimir al pueblo por la cultura, [...] se expedirán ceses contra los Maestros de Escuela y miembros del personal docente, solamente previos cargos concretos y justificados, hechos por escrito y firmados por personas de acreditada filiación política y limpios antecedentes. En todos los empleos se dará preferencia natural y completa a los correligionarios constitucionalistas.[320]

320 "La depuración del personal de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes", *BE*, I, 3, febrero, 1916, pp. 4-5.

Las muestras de buena voluntad no se limitaron a la parte universitaria. En 1916 la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas emitió un oficio que señalaba:

> Consecuente esta Secretaría con el programa Nacionalista de la Revolución, y deseando contribuir a que los beneficios de ella se extiendan a todas las clases sociales, ha dispuesto, como una merecida y justificada protección a los profesionistas mexicanos, que en lo sucesivo y a partir de esta fecha, todos los dibujos, planos, proyectos y presupuestos de obras que se sometan a la revisión o aprobación de esta Secretaría, deberán presentarse autorizados por ingenieros titulados en Escuelas Nacionales o con títulos debidamente revalidados.[321]

Asentado ya como cabeza del nuevo gobierno, Carranza expuso su postura respecto a la Universidad ante el Congreso en estos términos: "La Universidad Nacional de México, creada en 1910 para impresionar al extranjero con una idea muy alta de nuestra cultura, prácticamente no había llegado a funcionar. [...] La Universidad ha prosperado desde que el Gobierno de la Revolución primero, y el Constitucional después, se hicieron cargo de ella."[322]

En conclusión, este buen entendimiento entre el nuevo régimen y la Universidad Nacional, particularmente en lo que toca a la ingeniería civil, se construyó sobre la condición de una doble articulación con el poder público: una relativa a la lealtad política y otra a su funcionalidad como insumo técnico-científico en una perspectiva general, pero concreta, de desarrollo. Como afirmara Garciadiego:

> El nuevo proyecto carrancista descansaba en cuatro principios ausentes en 1910. El primero era que la Universidad Nacional no debía ser exclusiva de una minoría intelectual ni de los jóvenes de la élite nacional; segundo, que estaba obligada a convertirse en una *tribuna gigantesca* para difundir la cultura entre todos los mexicanos, sin importar el nivel social

321 "Oficio número 1911, Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. 30 de marzo 1916", AHPM, 1916-I-334, exp. 5.

322 "Informe del Señor Presidente al Congreso Constitucional", *BU*, I, 1, diciembre, 1917, p. 23.

> o los conocimientos previos; tercero, que debía luchar por la *justicia*, la *libertad,* y la *solidaridad* tanto como debía buscar las verdades científicas; y finalmente tenía que ofrecer carreras técnicas e industriales.[323]

En adelante, el devenir de la institución universitaria estaría marcado por esa doble premisa. En el primer aspecto, el de su perfil político, el punto culminante fue la llegada de Vasconcelos a la rectoría. Más adelante, la Ley de autonomía de 1929. Este polémico personaje fue nombrado rector el 4 de junio de 1920 por Adolfo de la Huerta, en sustitución de Balbino Dávalos, quien a la caída de Carranza había asumido con carácter provisional el cargo. Miembro de lo que llamaron "nueva generación de intelectuales", Vasconcelos estaba llamado a consumar y profundizar la relación de la institución universitaria con el gobierno federal y a comprometer a aquélla con el programa nacional en los términos definidos por la clase gobernante. Al tomar posesión de la rectoría, declaró:

> No diré que nuestra Universidad es muy buena y que debemos estar orgullosos de ella. Lo que yo debo decir es que nuestras instituciones de cultura se encuentran todavía en el periodo simiesco de sola imitación sin objeto, puesto que sin consultar nuestras necesidades, los malos gobiernos las organizan como piezas de un muestrario para que el extranjero se engañe mirándolas y no para que sirvan. [...] la Universidad de México va a estudiar un proyecto de ley para la educación intensa, rápida, efectiva de todos los hijos de México. [324]

El segundo aspecto, el de los contenidos técnico-científicos, es el que compete a los objetivos del presente tema y será desarrollado con detalle en el siguiente apartado. La directriz en este sentido fue señalada desde muy temprano, en diciembre de 1913 aún bajo el gobierno de Huerta; como se asentó en el artículo 16 del nuevo plan de estudios para ingeniería en 1914:

323 J. Garciadiego, *op. cit*., p. 394.

324 "Declaraciones del señor licenciado don José Vasconcelos con motivo de la toma de posesión del cargo de rector de la Universidad Nacional de México", *BU*, I, 4ª época, 1, agosto, 1920, pp. 8 y 10.

> los profesores no enseñarán ningún principio abstracto, sin que vaya acompañado de su aplicación inmediata. Se referirán siempre que sea posible a México, y tendrán como principal objeto inspirar en los educandos, más bien que el deseo de su mejoramiento individual, el de la explotación siempre creciente de la riqueza patria y el de su aprovechamiento para bien de todas las clases sociales. Los profesores cuidarán especialmente de desarrollar la educación en tal sentido e inculcarla con el ejemplo.[325]

A partir de aquí la depuración de los contenidos epistémicos de la carrera de ingeniero civil sería constante, por medio de revisiones, discusiones colegiadas, consultas y reformas, pero, sobre todo, por medio del cotejo con las actividades prácticas tanto de los alumnos como de los profesionistas en plena actividad.

La relación entre la Universidad y el Estado entró —como ya se señaló antes— en un largo periodo de cordialidad y funcionalidad que no se rompió con la promulgación de autonomía en 1929. Entonces, el Ejecutivo, a cargo de Emilio Portes Gil, alentó la separación formal considerando

> que es necesario capacitar a la Universidad Nacional de México dentro del ideal democrático revolucionario, para cumplir los fines de impartir una educación superior, de contribuir al progreso de México en la conservación y desarrollo de la cultura mexicana, participando en el estudio de los problemas que afectan a nuestro país, así como el de acercarse al pueblo por el cumplimiento eficaz de sus funciones generales y mediante la obra de extensión de la cultura.[326]

Antes, en 1924, se habían anunciado todas estas premisas con un acuerdo firmado por Obregón denominado Disposiciones Reglamentarias de la Ley Constitutiva de la Universidad Nacional de México, en donde, además de preverse la autonomía, se prohibió todo acto de militancia política a los miembros de la institución y se

325 "Ley de la Escuela Nacional de Ingenieros", 20 de abril, 1914, AHPM, 1914-I-327, exp. 30, leg. 1.

326 "Palabras iniciales", *Universidad Nacional*, I, 1, noviembre, 1930, pp. 3-4.

aseguró que aun cuando el Consejo Universitario conservara la prerrogativa de reformar planes de estudio, la Secretaría de Educación Pública se reservaba el derecho de intervenir.[327] La relación, después de promulgada la ley de autonomía en 1929, quedó planteada en términos de una interacción, en la que la institución

> debe ser dotada de aquellas oficinas o institutos que dentro del Gobierno puedan tener funciones de investigación científica y que, por otra parte, el Gobierno debe poder contar siempre, de una manera fácil y eficaz, con la colaboración de la Universidad para los servicios de investigación y de otra índole que pudiera necesitar.[328]

Pero regresando al tema de los contenidos científicos y tecnológicos acumulados en y a través de la Escuela Nacional de Ingenieros, así como en la agrupación gremial por antonomasia, la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, habría que añadir otro punto importante: al tener absoluta prioridad la campaña educativa destinada a la educación básica, y al canalizar los recursos disponibles preferentemente a esa meta, el gobierno constitucionalista optó por conservar la posición de la Universidad Nacional dentro de la estructura de la administración pública. No dispongo de ninguna evidencia que me permita suponer que hubo algún intento de diversificación de la oferta de educación superior, con las características de centralización y control vertical que caracterizaban a la institución creada por iniciativa de Justo Sierra, durante ese periodo inicial del gobierno posrevolucionario. No fue, en realidad, sino hasta el cardenismo cuando un fenómeno de esta naturaleza se verificó, con la creación del Instituto Politécnico Nacional. Mientras tanto, la Universidad Nacional conservó el monopolio en el desarrollo de la ingeniería civil. En efecto, al despuntar el siglo XX la formación profesional de los ingenieros civiles mostraba una evidente concentración en la capital de la República y, de hecho, en un

327 "Disposiciones reglamentarias de la Ley Constitutiva de la Universidad Nacional de México. 22 julio 1924", AGN, grupo documental Obregón-Calles, caja 54, exp. 121-e-v-10, p. 9.

328 *Ibidem*, p. 4.

único establecimiento: la Escuela Nacional de Ingenieros. Es verdad que varios planteles en diversas partes del territorio nacional se ocupaban de la preparación de los ingenieros, pero en su mayoría eran topógrafos e ingenieros en minas. De hecho, incluyendo a los graduados como ingenieros en puentes y caminos, la totalidad de los títulos concedidos fuera del Distrito Federal apenas rebasó la docena entre los últimos 20 años del siglo XIX y las dos primeras décadas del XX. En varios estados sencillamente no se ofrecían cursos de ingeniería en ninguna de sus ramas, como era el caso de Aguascalientes, Coahuila, Campeche, Veracruz, Durango, Oaxaca y Puebla. Durante ese lapso de 40 años están registrados en Chiapas 16 títulos que sólo indican la profesión de *ingeniero,* pero no parece factible que se refiera a la rama civil. En otros estados no se dispuso de datos, como en Guerrero, Tabasco, Tlaxcala o Morelos, donde parecen haber sido destruidos por la violencia revolucionaria. En los territorios de Baja California y Quintana Roo no se expidieron títulos ni de ingeniero ni de ninguna otra profesión. Llama la atención que en un estado con una fuerte dinámica de industrialización, como Nuevo León, no se graduara un solo ingeniero entre, al menos, 1878 y 1921. En otras entidades de desarrollo relativo, como el Estado de México o Jalisco, la formación de ingenieros civiles fue mínima: dos en el primer caso, entre 1888 y 1920, y 26 en el segundo, además de que ambos planteles experimentaron un marcado declive a comienzos de siglo XX.[329] En San Luis Potosí están registrados cuatro títulos de ingeniero civil en la misma época.[330] Planteles del tipo de los institutos científico y literario, o de ciencias y artes, se encargaron de la formación de topógrafos, hidromensores y topógrafos-hidrógrafos, en la jurisdicción de estados como Querétaro, Sinaloa o Colima; destaca desde luego la Escuela Práctica de Minas de Pachuca, que produjo una buena cantidad de especialistas en esta rama y que dependía, de hecho, de la Escuela Nacional

329 *Cfr*. R. E. Castañeda Crisoles, "Enseñanza y práctica de la ingeniería en el Estado de México, 1870-1910", F. de la Torre, *La ingeniería en Jalisco en el siglo XIX*, p. 297.

330 Los expedientes consultados no incorporan datos sobre Zacatecas, donde había colegios de ingeniería, pero cabe suponer que no hubo graduados en civil.

de Ingenieros.[331] Otro caso es Guanajuato, con varios títulos concedidos en Minas y Ensayador Metalurgista, pero sólo uno en Civil, en 1904.[332]

Mención aparte merecen los estudios de ingeniería dentro del ejército; divididos en un cuerpo de ingenieros y otro de zapadores, estos militares se adiestraron en asuntos de la competencia de los profesionistas, incluso adelantándose a fundar un laboratorio para ensaye de materiales, pero por el tipo de obra al que estaban destinados no caben dentro de la rama que propiamente se denomina ingeniería civil. De hecho, cuando estaba concluido el periodo armado de la Revolución y se iniciaba la construcción del nuevo régimen, varios ingenieros egresados del Colegio Militar de Chapultepec solicitaron revalidación de estudios ante la Universidad Nacional, pero recibieron de ésta una negativa por las razones que se expresan a continuación, y que dan muestra de la mencionada asimetría: "No era [el Colegio Militar] una institución similar a la Facultad de Ingeniería. Su plan fue forjado para que se siguiesen carreras de ingenieros militares; sus estudios no estuvieron suficientemente especializados para que la Universidad los exija como único requisito."[333]

Planes y programas de estudios

Ubicada en la calle de Tacuba, en el espléndido edificio diseñado por Tolsá y conocido como Palacio de Minería, la Escuela Nacional de Ingenieros contaba en el año de 1910 con una planta de 26 profesores para una población escolar de 231 alumnos —poco menos de la mitad de la que contaba Medicina—, de los cuales sólo una era de género femenino. Se trataba del plantel donde casi en exclusiva se formaban los ingenieros civiles de la época en todo el país.

331 Los datos están tomados de una relación de títulos profesionales resguardada en AHUNAM, Fondo Universidad Nacional, Rectoría, Estadísticas de Títulos Profesionales, 11, exp. 161-179.

332 "Cuadro que manifiesta los títulos expedidos por los diversos gobiernos del Estado de Guanajuato desde 1830 hasta 1908", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 9, exp. 139.

333 "En contestación al oficio número 4597 de la Rectoría. Escuela Nacional de Ingenieros. 1916", AHPM, 1916-II-335, exp. 6.

El director era entonces el ingeniero Luis Salazar —profesor de ese plantel desde 1885 y director desde 1906— y la escuela contaba con un presupuesto de 80 821 pesos anuales, de los cuales casi la mitad servían para cubrir los honorarios devengados por el cuerpo docente.[334] El resto del personal adscrito consistía en seis empleados administrativos, seis preparadores, un ayudante, un conserje y nueve mozos. Los índices de aprovechamiento del plantel parecen bastante satisfactorios, si se juzga por el número de exámenes acreditados por los alumnos, que fueron 612 sobre un total de 652. Ese mismo año, 26 alumnos concluyeron sus estudios.[335] La enseñanza se impartía de forma gratuita para los estudiantes.

La preocupación por alentar mayores contenidos prácticos en la carrera fue permanente y constituye el elemento dinámico de las reformas curriculares a lo largo del periodo. Las reformas tenían lugar a través de las juntas de profesores y del Consejo; más adelante intervendría activamente una organización gremial denominada Centro de Ingenieros:

> De octubre de 1910 a septiembre de 1912 realizó [el Consejo Universitario] casi sesenta sesiones, en las que debatió sobre reglamentos internos, las relaciones internacionales de la institución y la mejor manera de homenajear a los más destacados miembros de la comunidad; también se discutió sobre los cursos y textos que se utilizarían en las diferentes escuelas, aunque en las ocasiones numerosas por cierto en que no llegaron a un acuerdo, se mantuvieron los cursos y textos del año precedente.[336]

A partir de 1933 intervendrían las academias mixtas de profesores y alumnos.

Otras propuestas relativas a la enseñanza de la ingeniería se dejaban eventualmente escuchar por iniciativa de funcionarios o de miembros de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos; una de ellas

334 "Datos estadísticos correspondientes al año escolar de 1910", AHPM, 1912-III-316, exp. 6.

335 *Ibidem*.

336 J. Garciadiego, *op. cit.*, p. 107.

—por cuenta del ingeniero José Ramón de Ibarrola— consideraba la conveniencia de separar el control de tales estudios de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para hacerlos depender de la secretaría del ramo, como había ocurrido antes con la de Fomento: "la educación de ingeniero debería estar a cargo de la secretaría que tiene más afinidad con esa carrera; ésta es la de Comunicaciones y Obras Públicas, la cual por los ramos que a su cargo tiene, está en aptitud para dirigirla".[337]

Si bien, como ya hemos visto, la lucha armada no trastocó de manera importante la vida académica del plantel, la emergencia de nuevas directrices que fueron configurando el programa nacional —y dentro de éste el papel de la ingeniería civil— habría de determinar un perentorio y permanente ajuste de la actividad docente, a fin de irse alejando del carácter academicista y teórico que la distinguió en la etapa anterior, para abocarla de forma decidida dentro de una orientación pragmática. Ya a mediados de 1915, cuando el gabinete designado por Carranza todavía no se asentaba en la ciudad de México, el encargado de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, ingeniero Félix F. Palavicini,[338] notificó que "el C. Primer Jefe ha reformado, de acuerdo con la Rectoría, los planes de estudio de todas las facultades, tendiendo a darles un carácter más práctico y ahorrar tiempo y esfuerzo a los alumnos".[339]

Esta tendencia se percibe con claridad dentro de la institución universitaria, con una ambiciosa reforma propuesta para 1915, cuando el triunfo del constitucionalismo apenas estaba a la vista, no obstante que sobrevivían algunos elementos discursivos típicos de los científicos porfirianos. La exposición de motivos, a cual más significativa por señalar las ideas que la motivaban, así como las deficiencias halladas en esa formación profesional, mostró lo siguiente:

337 J. R. de Ibarrola, *op. cit.*, p. 28.

338 Fue designado por Carranza el 25 de agosto de 1915.

339 "Labor del Ciudadano D. Venustiano Carranza encargado del Poder Ejecutivo del Gobierno Constitucionalista de México en la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes durante la gestión del Ingeniero Félix F. Palavicini", *BE*, I, 2, noviembre, 1915, p. 223.

> Hoy se reconoce que no hay razones verdaderamente científicas que impongan un orden determinado y por eso se admite que la escuela debe recomendar un plan, pero dejando a la iniciativa de los interesados seguirlo o no; ellos podrán alterarlo con justos motivos. Hay en verdad entre las ciencias de estructura más sencilla, las que Comte llamaba ciencias inferiores, un encadenamiento lógico que hace recomendable un cierto orden. Por ejemplo, entre las matemáticas y la mecánica, y entre ésta y sus aplicaciones a las máquinas. Pero ni aun en estas ciencias puede decirse con entera verdad que se agrupen en series lineales por sus relaciones mutuas.[340]

Más adelante, el documento concluye:

> Hay que decirlo enfáticamente: las ciencias no se agrupan ni en una serie lineal ni en varias series; forman un conjunto en el que se tocan unas a otras en varios puntos. El agrupamiento natural de las ciencias es el mismo que, según el naturalista sueco Lineo, conviene hacer con las especies vivientes para dar una idea de sus semejanzas y diferencias.[341]

La preocupación de fondo aludía desde luego a la capacitación práctica del ingeniero: "se olvidan los profundos desencantos que suelen experimentar los estudiantes cuando al encontrarse con la realidad, empapados de conocimientos generales, se encuentran con cosas que el obrero, el albañil saben muy bien".[342]

El nuevo plan —denominado por sus propios autores como *cíclico*— basado en las consideraciones anteriores, suponía lo siguiente: 1) el mayor tiempo consagrado a las ciencias de carácter abstracto, no por la mayor extensión dada a los estudios, sino porque se hacen lentamente; 2) la introducción del método cíclico; 3) la división del periodo de trabajos en dos, y 4) las prácticas en la mitad del año, antes de terminar los estudios teóricos.

340 "Plan de Estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros. [Enero de] 1915", AHPM, 1915-II-332, exp. 7, p. 1.

341 *Loc. cit.*

342 *Ibidem*, p. 2.

La reforma, presentada el 27 de enero de 1915, siendo director del plantel el ingeniero Valentín Gama,[343] quedó estructurada de la manera siguiente:

> Art. 1°. En la Escuela Nacional de Ingenieros se harán estudios profesionales para las carreras de Ingeniero Civil, Ing. Constructor, Ing. de Caminos, Ing. Hidráulico, Ing. Electricista e Ing. Topógrafo. Art. 2°. Los estudios profesionales para la carrera de Ingeniero Civil son los que constan en el cuadro que a continuación se inserta y que servirán a la Dirección de norma para la distribución de las labores escolares, pudiendo los alumnos alterar el orden que en él se establece por motivos justificados a juicio de la Dirección. / Los alumnos que hubieran sido aprobados en las asignaturas del cuadro y en las pruebas finales que los reglamentos de la Universidad prescriban, recibirán el título de Ingeniero Civil. / Art. 3°. Puede inscribirse en todas las materias de un año del cuadro anterior, el alumno que haya sido aprobado en las de los años anteriores. Los alumnos que quisieran inscribirse en las materias de un año sin haber cursado todas las de los años anteriores, harán su solicitud al Director, quien resolverá en qué materias concede la inscripción. [Los artículos siguientes se refieren a los requisitos para las otras carreras de ingeniería]. Art. 9°. Las clases se suspenderán a mediados del año en la fecha que señale la Dirección. Durante la suspensión los alumnos harán prácticas en el campo, de topografía y de caminos.

Con una labor intensa durante la última parte del año de 1915 y a lo largo de todo 1916, el Consejo Universitario reformó los diseños curriculares no sólo de la Escuela de Ingenieros, sino de todas las demás, siempre bajo la idea de procurar una educación práctica y analítica, "a fin de formar profesionales aptos, que puedan lanzarse con éxito a su actividad y que estén perfectamente capacitados para explorar por sí mismos los nuevos horizontes de la ciencia".[344] Ese último año se aplicó en algunas materias el citado método cíclico y se introdujeron materias eminentemente prácticas, como Estereo-

343 *Ibidem*, pp. 1-5.

344 "Informe del Señor Presidente al Congreso Constitucional", doc. cit., p. 25.

tomía, Carpintería y Metales y Composición de Proyectos. Así, la preocupación por superar la formación teoricista que se advertía en el seno de la escuela ya en los últimos años del porfiriato embonó de forma cabal con el perfil que el nuevo gobierno de la República pretendía para esa institución.

Al año siguiente se elaboró un nuevo plan.[345] Desde luego hay que aclarar que sobre esa estructura básica que se presentó para 1915 se siguieron elaborando las reformas subsecuentes, elevando paulatinamente el grado de complejidad; las modificaciones se reflejaron no tanto en los cambios de asignaturas, sino en las aplicaciones de sus respectivos contenidos, si bien varias disposiciones novedosas se fueron añadiendo para refuerzo de esa inclinación pragmática a la que me he referido, como ocurrió precisamente con la citada reforma de 1916, donde su artículo 12 estableció que

> Los alumnos que hubieren terminado los estudios correspondientes a la carrera de Ingeniero de Minas, Ingeniero Civil, Ingeniero Constructor, Ingeniero Industrial e Ingeniero Metalurgista harán estudios prácticos de trabajos relativos a sus respectivas carreras durante un periodo de tiempo suficiente a juicio del Director de la práctica, que no será menos de seis meses.[346]

Más adelante, el referido plan señala:

> Art. 16. Para ingresar a la Escuela Nacional de Ingenieros el interesado deberá presentar un certificado que acredite que ha terminado sus estudios preparatorios en alguna Escuela Preparatoria Oficial. Los alumnos que no presenten comprobantes de Geometría Analítica y Cálculo Infinitesimal, deberán sujetarse a un examen de admisión que verse sobre estas materias.[347]

345 El contenido del plan de estudios de 1916 puede consultarse en los anexos que se incluyen al final del presente trabajo.

346 "Plan de estudios para la carrera de Ingeniero", AHPM, 1916-III-336, exp. 14, ej. 1.

347 *Loc cit.*

El documento incorporó, en artículos transitorios, el propósito de contar con talleres para trabajar la piedra, la madera y los metales, y con una estación hidrométrica para estudios prácticos de hidráulica, en un terreno adecuado.

En noviembre de 1918, siendo director el ingeniero Mariano Moctezuma, se convocó a una reunión de profesores para discutir la conveniencia de un nuevo plan de estudios. Antes, en el mes de julio del mismo año, la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México se había pronunciado a favor de ciertas modificaciones al plan vigente entonces. En resumen, la propuesta trataba de incluir conocimientos de derecho administrativo, contabilidad y economía política, "indispensables para el ejercicio de la profesión".[348] Y añadía: "igualmente tendría satisfacción el ver que al lado de los cursos teóricos de las materias de aplicación los alumnos fueran guiados por profesores especiales, en la resolución, por medio de cálculos gráficos y numéricos durante el año, de los diversos problemas cuyos datos fueran tomados de casos prácticos principalmente".[349]

Los cambios en la perspectiva de una mayor enseñanza práctica, aunados al propio desarrollo de esta actividad científico-tecnológica, fueron elevando el rango de complejidad tanto cuantitativo como cualitativo. El proceso de reforma a planes de estudio fue permanente y sujeto a una misma lógica: "[el plan] sufrió ligeras modificaciones de acuerdo con las necesidades sentidas en la práctica [...] y teniendo en cuenta las posibilidades de la Facultad Nacional de Ingeniería".[350] La aparición de nuevas asignaturas operaba en igual sentido: "en el corriente año (1921) se especializó una materia más, la de Ingeniería Sanitaria que profesa el señor Ing. Alberto Barocio".[351]

348 "Comunicación al Sr. Rector de la Universidad Nacional. El Primer Secretario de la Asociación, Ing. Civil Domingo Díez. 16 de julio 1918", AHPM, 1918-II-343, exp. 14.

349 *Loc. cit*.

350 "Informe de labores de la Facultad Nacional de Ingeniería. 20 de mayo 1922", AHUNAM. Universidad Nacional, Secretaría General, 1, exp. 4, p. 1.

351 "Informe semestral de la Escuela N. de Ingenieros. 13 de julio 1921", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, Estadísticas de títulos profesionales, 11, exp. 174, p. 2.

El anexo 1, al final de esta obra, presenta un cuadro comparativo de los planes de estudio aprobados en la escuela para los cursos 1915, 1928 y 1935, en donde se pueden apreciar los cambios y la evolución en el diseño curricular de la carrera, mostrando la inclinación hacia contenidos cada vez más prácticos.

Como se evidencia, la enseñanza de la ingeniería civil ya en 1928 había ampliado considerablemente su radio de conocimientos. Hay que tomar en cuenta que esos planes de estudio estaban elaborados teniendo ya como referente las acciones emprendidas en materia de infraestructura por el gobierno federal, y, en consecuencia, eran —ahora sí— conocimientos prácticos. Aparte de la rama civil, el plantel ofrecía entonces las carreras de Minero, Petrolero, Mecánico-Electricista, Forestal y Topógrafo e Hidrógrafo. Éstas, aun cuando conservaban varias de las asignaturas en tronco común, se distinguían con toda claridad, a diferencia de lo que ocurría antes, cuando las variantes eran apenas logradas por una o dos asignaturas distintas al plan de estudios para Ingeniería Civil, razón por la cual no era tan extraordinaria la aparición y desaparición de carreras, por ejemplo, la de Ingeniero Metalurgista, que aparece en el plan de estudios para 1921-1922.[352] Otras carreras, en cambio, suponían ya un cierto nivel de diferenciación, como en el caso de Petrolero, creada en 1927.[353] En todo caso, ya para finales de los veintes los estudios de ingeniería evidenciaban capacidad para "desarrollar el bienestar material de nuestro país en relación con las condiciones sociales del mismo y con las de sus riquezas potenciales, tomando en consideración los progresos que la ingeniería realiza en los países más adelantados de la tierra".[354]

352 "Facultad de Ingeniería. Plan de Estudios. 1921", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 36, exp. 389, p. 1.

353 "En el Consejo Universitario se discutieron los planes de estudios de las diversas carreras, quedando definitivamente aprobada la creación de la carrera de ingeniería de petróleo, como las modificaciones a las profesiones de minero y topógrafo, aplazándose, para ser estudiadas con mayor detenimiento, las de civil y mecánico electricista." *Cfr*. "Informe que rinde la Secretaría General de la Universidad Nacional, sobre las labores desarrolladas en la misma, durante el mes de febrero de 1927", *BUN*, III, 2, 3 y 4, febrero-marzo-abril, 1927, p. 19.

354 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 9, exp. 229, p. 1.

La inscripción estaba supeditada a la previa acreditación de estudios en preparatoria, y sería cancelada en caso de reprobar tres veces la misma asignatura. La obtención del título requeriría la presentación de proyectos desarrollados el último año de estudios y las memorias de las prácticas profesionales; de la redacción de una tesis escrita propuesta por alguno de los profesores y su respectiva defensa ante un jurado compuesto por cinco profesores, quienes podían preguntar, además, sobre los temas técnicos que creyesen pertinentes.

El año escolar estaba dividido en dos periodos de duración mínima de cuatro meses cada uno. Las materias fundamentales y las de aplicación respectiva se calificarían conjuntamente, y se impartirían tres veces por semana —salvo excepciones—, como ocurría en los planes anteriores.

En las numerosas reformas a los planes de estudio que se verificaron durante el periodo que nos ocupa, fueron interviniendo diferentes interlocutores. Desde luego, la prerrogativa de hacerlo y de las maneras de hacerlo recaía sobre el Consejo Universitario, por prescripción de ley, pero lo que cambió fueron los órganos de consulta. Es evidente que la intervención de agentes externos al plantel educativo en el caso de los estudios de ingeniería obedeció fundamentalmente a la articulación entre los conocimientos académicos y los conocimientos que resultaban del ejercicio práctico de la profesión, materializado en construcciones a veces de gran envergadura. De hecho, en una de las dos grandes esferas de aplicación de la ingeniería civil en México se configuró un sistema de acopio de conocimientos que nos ofrece clara idea de cómo se hizo posible y necesaria la interacción en las modificaciones que iba experimentando la enseñanza especializada. En efecto, a finales de los treintas, la Comisión Nacional de Irrigación, por conducto de su Departamento de Información, instituyó la realización de un informe técnico "formado con criterio ingenieril que vaya constituyendo la expresión escrita y duradera de la Práctica Mexicana de la Ingeniería".[355] Se trata de las memorias

355 "La Comisión Nacional de Irrigación informa sobre la labor que ha desarrollado", *Ingeniería*, XIV, 12, diciembre, 1940, p. 379.

técnicas presentadas por los ingenieros responsables de cada una de las obras, concebidas no sólo con fines de reporte, sino para configurar una tradición especializada escrita.

Este ejercicio de interlocución —como ya hemos visto— se remontaba a tiempos de la dictadura porfiriana y en particular a la intervención de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos; pero lo distintivo era que ahora se trataba, más que de una consulta, de una interacción, que se ajustaba en el terreno de lo concreto y a través de instancias diseñadas ex profeso para ello. Desde luego, no todas las recomendaciones de reforma tuvieron eco; así, por ejemplo, en 1921, con motivo de una consulta por parte de la escuela al Centro de Ingenieros para emprender una reforma a su plan de estudios, el influyente organismo gremial externó los siguientes comentarios:

> La gran mayoría de los ingenieros del Centro tiene la convicción de que en los últimos años y especialmente desde 1918, la Dirección de la Escuela Nacional de Ingenieros ha dado a su enseñanza un giro eminentemente progresista y evolutivo. Este espíritu ha dado resultados benéficos palpables con la implantación de nuevas orientaciones de carácter práctico en los planes y programas de enseñanza, para que las diversas materias de la Ingeniería tengan una enseñanza de efectiva aplicación y estudios prácticos, como corresponde a las ciencias de aplicación.[356]

Dentro de las iniciativas de reforma planteadas por este Centro se encontraba una que a la postre no tuvo efecto, pero que pone de relieve el interés por elevar los contenidos prácticos de la ingeniería civil:

> el Centro de Ingenieros recomienda a la Universidad Nacional que se provea a la enseñanza o mejoramiento de los oficios de las clases obreras de la construcción, esto es, para albañiles, canteros, maestros y capataces de obras, que son los necesarios auxiliares del ingeniero en sus construcciones y para cuyos auxiliares no hay actualmente enseñanza previa.[357]

356 "Respuesta del Centro de Ingenieros", *BU*, II, 4, 4ª época, marzo, 1921, p. 177.

357 *Ibidem*, pp. 185-186.

Cabe señalar aquí que algunas iniciativas de capacitación para mano de obra no habían rendido los frutos esperados; tal fue el caso de la Escuela Nacional de Oficios para Hombres, instalada en 1915 y en donde los cursos para albañiles, canteros y talladores en piedra, y cementeros, alternaban con los de zapateros, cerrajeros, talabarteros, etcétera, bajo el presupuesto de que "uno de los capítulos más importantes del programa de reformas que se ha impuesto esta Secretaría de Educación Pública y Bellas Artes es el relativo a crear entre las clases populares, medios de vida que contribuyan a su propia elevación así como a su bienestar".[358]

A finales de los veintes, los métodos de enseñanza en la Escuela Nacional de Ingenieros eran asesorados por la Society for the Promotion of Engineering Education, y mantenían la orientación hacia la práctica, buscando la aplicación inmediata de los conocimientos, "para evitar que la enseñanza degenere por verbalismo [prefiérase] la forma eurística a la de recitaciones en clase".[359]

Un caso por demás interesante lo constituye la propuesta de aplicar un método llamado "cooperativo" para asegurar el vínculo entre teoría y práctica, que contó con el respaldo de algunos académicos mexicanos y que venía avalado por su aplicación en Estados Unidos, país donde se comenzó a aplicar desde los primeros años del siglo XX.[360] El método consistía

> en la formación de grupos duplicados formados por igual número de alumnos que mensualmente se alternan saliendo unos al trabajo, mientras otros están en escuela tecnológica dedicados a sus estudios. Como se tiene un número par de alumnos, las compañías que los emplean tienen siempre el empleado que necesitan en el trabajo y la escuela tiene siempre al grupo de alumnos que forman el curso. Sólo tienen dos

358 "¿Qué carreras podrán seguirse en las escuelas dependientes de la Dirección General de la Enseñanza Técnica?", *BE*, I, 2, noviembre, 1915, p. 185.

359 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", doc. cit., p. 11.

360 El método se introdujo en la Universidad de Cincinnati y más tarde en la Escuela Tecnológica de Georgia. A mediados de los veintes más de una docena de instituciones norteamericanas lo habían adoptado, incluido el MIT.

semanas de vacaciones en el verano y una semana en navidad, que se toman del tiempo correspondiente al que debían permanecer en la escuela. Los arreglos relativos a empleo son hechos directamente por el director del departamento de cooperación con las compañías cooperadoras, y sólo ellos, de acuerdo pueden variar el empleo que tiene el alumno que después de cada mes vuelve al que tenía la vez anterior, hasta que es ascendido por las autoridades mencionadas. Resultan, por tanto, aprovechadas las compañías cooperadoras, pues tienen empleados progresistas, deseosos de aprovechar y estables. Los profesores en la escuela tecnológica tienen por su parte la ventaja de enseñar los mismos capítulos sin un intervalo muy grande entre un periodo y el siguiente. Los empleos obtenidos para los estudiantes cooperatistas son generalmente modestos, comenzando los alumnos del primer año como aprendices con el sueldo que normalmente tiene un aprendiz, pero gradualmente progresan y cuando terminan su último año tienen ya empleos que valen la pena.[361]

Una versión doméstica del citado método cooperativo se puso en marcha en julio de 1926, cuando "la Dirección de la Facultad obtuvo de la Presidencia de la República varias cartas dirigidas a dependencias del Ejecutivo y a negociaciones particulares, en las que recomienda el señor Presidente de un modo especial se ayude a alumnos dándoles trabajo compatible y afín con las labores escolares".[362] En 1927 uno de los alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros se trasladó a la Escuela Tecnológica de Georgia, en donde el sistema se practicaba desde 1912, y rindió un informe detallado haciendo ver las ventajas de aplicarlo, tanto académicas como laborales, y el tipo de compañías, públicas y privadas, que participaban en ello.[363]

Sin embargo, el sistema no fue adoptado en el plantel mexicano. Es probable que ello obedeciera al hecho de que prácticamente todos los futuros potenciales empleadores pertenecieran al sector público.

361 "El método Cooperativo", *Ingeniería*, I, 1, agosto, 1927, pp. 15 y 32.

362 "Informe sintético de las labores de la Facultad de Ingeniería en el primer semestre de 1926", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 5, exp. 113.

363 "Informe que rinde a la Universidad Nacional el Sr. Francisco Gómez Pérez, sobre el sistema cooperativo en las escuelas de ingeniería de los Estados Unidos de Norteamérica", *BUNM*, III, 8-12, agosto-diciembre, 1927, pp. 82-87.

En 1929, el 20 de febrero, el diario *Excélsior* anunció la inminente adopción del sistema cooperativo en la Facultad de Ingeniería:

> A juicio del señor ingeniero Cueva [director del plantel] las ventajas que resultarán de esa disposición son muy dignas de tomarse en cuenta, pues la alternación del trabajo lucrativo con el escolar, será un paso adelante para evitar el academismo que amenaza las instituciones educativas actuales, evitando la instrucción puramente libresca de los estudiantes, y por otra parte, la práctica ya efectuada hace más interesantes los estudios, y siendo más interesantes serán mejor aprendidos y mejor aprovechados.[364]

De inmediato la dirección del plantel se encargó de desmentir las supuestas declaraciones, dando muestra de que el mencionado sistema se consideraba como opción pero finalmente invalidando su viabilidad.[365]

En lo que sí se hizo hincapié fue en el fortalecimiento de las prácticas escolares en escenarios reales de trabajo.

> Los alumnos que el año anterior habían terminado sus estudios para Ingeniero Civil, han estado durante el año haciendo la Práctica general, informando al Profesor de esa Práctica, de los estudios que han llevado a cabo hechos en el Puerto de Salina Cruz y en el de Coatzacoalcos; en el Ferrocarril del Istmo, en Encasa y en general, en trabajos tales como estudio y construcción de presas, canales, irrigación, ferrocarriles, saneamiento y provisión de agua.[366]

Es claro que las prácticas se realizaban entonces en los escenarios en donde se desplegaba la obra constructiva del porfiriato y que lógicamente esa circunstancia cambió con el nuevo régimen posre-

364 "Los estudiantes de Ingeniería trabajarán y estudiarán a fin de que la Escuela sea práctica", *Excélsior*, 20 de febrero, 1929, pp. 1 y 9.

365 "Al C. Rector de la Universidad Nacional. Por José A. Cueva. 20 de febrero 1929", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 12, exp. 322.

366 "Informe rendido por la Dirección de la Escuela Nacional de Ingenieros al año de 1906", *BIP*, VII, junio-agosto, 1907, p. 319.

volucionario y las nuevas políticas en obra pública. Pero no fue ese el cambio más significativo; en realidad, la tendencia hacia una formación más utilitaria y menos teórica tuvo un impacto directo en el requisito de las prácticas profesionales. En mayo de 1909 el director Luis Salazar le notificaba al secretario de Instrucción Pública sobre los estudiantes: "no tiene[n] oportunidad durante sólo un año para visitar todos los trabajos de ingeniería en que deben practicar y se ven obligados a esperar se presenten ocasionalmente para cumplir de un modo debido con los programas de prácticas profesionales".[367] Suspendidas por la dinámica de la Revolución, las prácticas fueron retomadas y reestructuradas hacia 1918. Los nuevos lineamientos fortalecieron en forma simultánea el contenido utilitario de ese requisito escolar y su sentido social:

> Siendo la mente de la Dirección de la Escuela alcanzar provechos regionales con el resultado de las prácticas de ingeniería a fin de que todas ellas coadyuven en el progreso nacional, con frecuencia se viene resolviendo que los practicantes de tal plantel emprendan estudios en lugares donde hay perspectivas de explotar fácilmente las riquezas naturales.[368]

Más adelante, inmerso en el contexto de articulaciones que se estaba dando entre la Escuela, la iniciativa privada y el sector público, se logró optimar las prácticas —que "han tenido en los últimos años, fines de servicio social"—[369] contando con la colaboración de la Secretaría, las Comisiones Nacionales, el Ayuntamiento de la ciudad de México, la Compañía de Luz y Fuerza, Negociaciones Mineras, etcétera, que siempre respondieron positivamente a las solicitudes de colaboración en ese sentido. El efecto logrado, a juicio de las autoridades del plantel, se percibe en la siguiente apreciación:

367 "Al C. Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes. 4 de mayo 1909", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 1, exp. 3.

368 "Al C. Rector de la Universidad Nacional de México. 25 de julio 1919", AHPM, 1919-II-347, exp. 12, p. 3.

369 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", doc. cit., p. 5.

> Intensificando los cursos prácticos, así como las prácticas parciales y alargando los periodos de vacaciones, se va logrando que desde los primeros años los alumnos tomen contacto con las actividades profesionales, comenzando en ellas por ocupar puestos secundarios a partir de los cuales progresan gradualmente, de manera que la transición de la vida escolar a la actividad profesional no es brusca, pudiendo los pasantes ocupar desde luego puestos técnicos de responsabilidad.[370]

En el plan de estudios para el año 1935 las prácticas obligatorias incluían: prácticas generales de topografía, para el primer año; visitas a fábricas de materiales y obras en construcción, para el segundo año; visitas a obras de ingeniería civil, para el tercer año; visitas a obras de ingeniería civil, para el cuarto año, y en el quinto se realizaba la tesis.

Acerca de las maneras de evaluar el aprovechamiento escolar el esquema que sirve de punto de partida para el periodo es el que se adoptó en marzo de 1911 según instrucciones del general Díaz. Constaba de exámenes realizados al finalizar el año escolar de acuerdo con las siguientes modalidades: 1) para las asignaturas en cuyo estudio se manejaban aparatos, instrumentos, útiles, materiales o sustancias, se efectuaría una prueba práctica seguida de la explicación oral de los problemas implicados en ella, del modo de resolverlos, de sus resultados y de los fundamentos de su resolución; 2) para las clases de dibujo, el examen consistiría en la estimación de la labor que los alumnos hubieran realizado durante el año escolar, y 3) para las demás asignaturas, se efectuaría una prueba oral que debería comprender la resolución de cuestiones que fueran propuestas por el profesor encargado, con la explicación del modo de resolverlas y la comprobación de su exactitud.[371] La inasistencia a más de 50 por ciento de las clases impartidas invalidaría el derecho a examen, y éstos se efectuarían con un jurado compuesto por tres examinadores

370 *Ibidem*, p. 4.

371 "Decreto de 23 de marzo de 1911, por el que se expiden las Reglas para estimar el aprovechamiento de los alumnos en la Escuela Nacional de Ingenieros", *BIP*, XVI, 3, enero-marzo, 1911, p. 613.

titulares y uno suplente. En caso de reprobar dos veces una misma asignatura el alumno perdería su derecho a proseguir estudios en el plantel. La elaboración de los mejores trabajos de tesis ameritaría su publicación.[372]

Los tabuladores de calificación serían con base en las cifras 0, reprobado; 1, que representaba la mínima indispensable para aprobar; 2, equivalente a bien; 3, muy bien, y 4, perfectamente bien. Todos los reportes observados indican que los niveles de aprovechamiento eran bastante aceptables. Por ejemplo, en 1913 la calificación media de los que presentaron examen fue de 2.5, con tasa de reprobación de 7 por ciento.[373] Para 1925 se aplicaba ya una escala del 0 al 100, siendo la mínima aprobatoria de 50; pero el buen rendimiento siguió siendo la norma. En 1926 se hicieron 737 exámenes ordinarios de los cuales se reprobaron 41. "Las cátedras se han venido profesando sin ningún contratiempo, con regularidad acostumbrada y obteniéndose una asistencia completamente regular",[374] se informaba en 1920.

Es interesante observar, sin embargo, que el dispositivo que desencadenó el movimiento que derivó en la ley de autonomía en 1929 fue precisamente la inconformidad de grupos estudiantiles con los sistemas de evaluación. El conflicto —dice el propio Emilio Portes Gil— "nació como consecuencia de la decisión, que tomó la Rectoría del plantel, de que los alumnos de las escuelas profesionales se sometieran a pruebas de reconocimiento, que deberían sustentar por escrito tres veces al año, en lugar del examen oral acostumbrado".[375]

El avance sostenido de la ingeniería, tanto desde su práctica como desde sus contenidos epistémicos, dio lugar no sólo a este constante proceso de reforma que acabamos de repasar, sino que participó en otro fenómeno de gran significado: el surgimiento de nuevas carreras derivadas de ese tronco común. En efecto, el nivel

372 "Al C. Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes. Presente", AHPM, 1910-II-305, exp. 7.

373 "Datos estadísticos relativos a la Facultad de Ingeniería en el año de 1913", AHPM, 1913-V-325, exp. 7.

374 "Informe que rinde la Secretaría General de la Universidad Nacional sobre las labores desarrolladas en la misma durante el mes de mayo último", *BU*, I, 1, *agosto,* 1920, p. 11.

375 E. Portes Gil, *Quince años de política mexicana*, p. 319.

de especialización alcanzado por la ingeniería, y por los ingenieros —que no es lo mismo—, dio lugar a mediados de los treintas al nacimiento de la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas en la Universidad Autónoma de México. En un texto del órgano oficial de la Escuela de Ingenieros publicado en enero de 1936 se decía:

> Ya pasaron los días en que el Ingeniero era al mismo tiempo matemático, físico, químico, geólogo, etc.; el progreso de la ciencia y el de las técnicas obligan a la división del trabajo. Ahora en todas las grandes obras de ingeniería se necesitan especialistas que se encarguen de la resolución de los diversos problemas científicos que se presenten, pues la labor del ingeniero es la de proyectar y dirigir la construcción de una obra y no tiene tiempo ni preparación suficiente para dedicarse a la resolución de los problemas científicos particulares que se salen de las reglas generales que sirven al ingeniero para proyectar y dirigir.[376]

Este proceso de *desprendimiento,* inspirado en las formas de organización de instituciones académicas de Inglaterra y Estados Unidos, fue de suyo bastante lento, pues la matrícula inicial en las nuevas carreras de ciencias exactas fue ínfima, por decir lo menos, pero constituye inequívocamente un proceso de diferenciación especializada del conocimiento que por tradición se cultivaba en los planteles de ingeniería.[377]

Otro de los efectos del nivel de maduración alcanzado por la ingeniería civil en el país fue el surgimiento de nuevas entidades académicas dedicadas a tal fin. En este aspecto, el papel de la Universidad Nacional fue también determinante, no sólo por su preeminencia, sino porque se constituyó en el centro a partir del cual operó ese movimiento y cumplió funciones de tutelaje y supervisión. Tales funciones, sin estar del todo explicitadas de manera oficial, se apoyaron en decisiones de gobierno que provenían de la época de Carranza. En efecto, la función de supervisión de planes de estudio en otras entidades académicas de la República por parte de la Universidad

376 "Colaboración oficial de la Escuela", *Ingeniería*, X, 1, enero, 1936, p. 12.

377 *Cfr*. R. Domínguez, *Historia de la física nuclear en México. 1933-1963*, pp. 44-50.

Nacional partió de un acuerdo firmado por Carranza en 1919 relativo a la revalidación de títulos y grados universitarios, que en su artículo segundo decía:

> La Universidad Nacional, con acuerdo del C. Presidente de la República, fijará los requisitos que deben llenar las instituciones educativas, oficiales o particulares de la Nación o de otros países, para que las enseñanzas preparatorias o profesionales que impartan y los certificados que expidan tengan plena validez para ingresar a las Facultades dependientes de la Universidad, y para sustentar en ellas los exámenes profesionales correspondientes; y la misma Universidad decidirá, en cada caso, cuál de dichas instituciones llena los requisitos que al efecto se establecieren.[378]

Esta función fue ejercida en adelante en aquellos casos de iniciativas a favor de la enseñanza de la ingeniería en otros planteles. Así, la Escuela Nacional de Ingenieros avalaba la conveniencia de coordinar a todas las escuelas técnicas que dependían del Gobierno, dentro y fuera de la Universidad, "por motivos de orden, de economía y de mayor eficiencia en el trabajo".[379] Tal era el caso, por ejemplo, de la Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos Electricistas, en donde, a juicio de la Universidad Nacional, se extendían títulos con requisitos "notoriamente inferiores a los que se exigen en la Facultad de Ingeniería".[380] No estaban incluidos estudios relativos a ingeniería civil.[381]

En lo que respecta a la ingeniería civil, el proceso de descentralización fue lento y no se verificó sino hasta avanzados los años

378 "Acuerdo del C. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, relativo a la revalidación de títulos y grados universitarios", *BU*, I, 1, diciembre, 1917, p. 38.

379 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", doc. cit., p. 19.

380 *Ibidem*.

381 Esta Escuela, precursora de la ESIME del IPN, se convirtió en tal en 1915. Hasta entonces era la Escuela Nacional de Artes y Oficios para hombres, en donde se impartían cursos de carpintería, herrería, tornería, cantería, fundición, pintura decorativa industrial, escultura decorativa industrial, electricidad aplicada a la industria y mecánica aplicada a la industria.

treintas, como consecuencia lógica de la expansión en el área. Aquí podemos citar los ejemplos de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Michoacana, inaugurada en febrero de 1930, y en la que si bien no se impartió la carrera de ingeniería civil sino varios años más tarde, sí se estableció la de Ingeniero de Vías Terrestres, en cuyo currículo se introdujeron asignaturas como Resistencia de Materiales, Estabilidad y Teoría de las Estructuras, Procedimientos y Materiales de Construcción, Mecánica, Vías Terrestres y otras que figuraban en el currículo del plantel nacional.[382] Además, al considerarse la idea de abrir la carrera de Ingeniería Civil se procedió a invitar a un representante de la Escuela Nacional de Ingenieros, el ingeniero Ignacio Avilés, quien en el marco de la IX Convención Nacional de Ingenieros, celebrada en Morelia en octubre de 1931, informó que el presidente del evento lo había comisionado para sustentar una conferencia en la Universidad Michoacana teniendo en cuenta que se trataba de establecer en esa universidad estudios para la carrera de ingeniero civil. La exposición versó sobre temas de ingeniería, poniendo énfasis en la necesidad de contar con buenos laboratorios, de que se hicieran viajes y visitas a obras y de que se realizaran prácticas al terminar el estudio de cada especialidad, "y que de manera muy especial, se cuente con un cuerpo de profesores competentes, teniendo en cuenta que por la amplitud misma de los trabajos ya mencionados, sería muy difícil que dos o tres personas tan sólo, pudieran ser suficientes para profesar las clases correspondientes a los estudios profesionales".[383]

El otro ejemplo lo constituye el Instituto Científico y Literario Autónomo de San Luis Potosí, con una carrera de ingeniería civil supervisada por académicos de la nacional; el plan de estudios sometido al visto bueno del rector Gustavo Baz era en 1939 idéntico al que se encontraba vigente en el plantel capitalino.[384]

382 "Al Ciudadano Presidente de la República, Gral. de División Lázaro Cárdenas. 31 de diciembre 1938", AGN, grupo documental Lázaro Cárdenas, 691, exp. 534/309, p. 2.

383 "Oficio. Al C. Rector de la Universidad Nacional Autónoma. El Director Mariano Moctezuma. 13 de noviembre 1931", AHUNAM, Universidad Nacional, Administrativo, 59, exp. 1959.

384 "Instituto Científico y Literario Autónomo. Plan de Estudios para la carrera de Ingeniero Civil. 30 de enero 1939", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 71, exp. 975.

Otro caso lo constituyen instituciones que fueron creadas sin bases académicas sólidas e incluso sin presupuesto, como ocurrió con la Escuela de Ingeniería Municipal. Destinada por decreto a la producción de profesionistas que ayudasen a mejorar las condiciones de la vida urbana, suburbana y rural en lo que a infraestructura se refiere, e incorporada a la Universidad Obrera, esta Escuela carecía de gabinetes, laboratorios, biblioteca, talleres de dibujo, etcétera,[385] y tenía en consecuencia muy escasa participación en el desarrollo de la ingeniería civil, por no decir nula.

Además de la supervisión directa de la Universidad Nacional en los planes de estudio de otras instituciones, ésta se reservó el derecho de revalidar títulos no otorgados por ella misma. En febrero de 1931 se emitió el Reglamento de revalidación de estudios hechos fuera de la Universidad Nacional de México, que en sus rasgos esenciales era igual al que había sido expedido en 1919 por Carranza, excepto porque ahora se suprimía el arbitraje directo del presidente de la República.[386] Las partes principales se referían a:

> Art. 1°. Mediante los requisitos expresados en este Reglamento, la Universidad Nacional Autónoma de México reconocerá los estudios hechos: a) en las escuelas preparatorias y universitarias de los Estados que tengan carácter oficial; b) en las escuelas preparatorias y universitarias de los Estados o del Distrito Federal, que sean institutos particulares, pero estén incorporados a la Universidad; c) en las universidades y colegios extranjeros de primer orden.[387]

El título obtenido en el plantel se denominaba de Ingeniero, habiéndose presentado el caso de necesidad de aclarar la nomenclatura oficial por abuso en la costumbre:

385 "Presidencia de la República. Secretaría Particular. Oficio enviado por la Unión de Alumnos de la Escuela de Ingeniería Municipal. 30 de septiembre 1938", AGN, Lázaro Cárdenas, 722, exp. 534.4/143.

386 "Acuerdo del C. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, relativo a la revalidación de títulos y grados universitarios", *doc. cit.*, p. 38.

387 "Reglamento de revalidación de estudios hechos fuera de la Universidad Nacional de México", *Universidad de México*, I, 4, febrero, 1931, p. 339.

> La Universidad N. de México, como antes lo hacían las escuelas de Jurisprudencia, de Medicina, Odontológica y de Medicina Homeopática, que desde 1910 las dos primeras, desde 1911 la tercera y desde 1919 la última, están bajo su dependencia, expide respectivamente a los alumnos que son aprobados en sus exámenes profesionales los títulos de Médico, Médico Cirujano, Cirujano Dentista y de Médico Cirujano Homeópata. En consecuencia precedido de esas denominaciones y no de la de licenciado los primeros ni de la de doctor los demás, que vulgarmente se emplean, debe mencionarse en las notas y demás documentos oficiales universitarios el nombre de quien uno de esos títulos haya obtenido. Esta práctica es tanto más importante cuanto el grado de licenciado no existe en nuestra universidad y el de doctor que conforme al art. 13 de la Ley Constitutiva de la Universidad, constituye la testificación más alta que puede dar ésta a los conocimientos de un individuo.[388]

El grado de doctor, previsto por la legislación, no se otorgó durante todo el periodo que nos ocupa, acaso por la vigencia de un argumento contundente que fue expuesto en 1911: "El gasto que significa la implantación del doctorado no quedaría compensado con el número de alumnos que hubieren de aprovecharlo."[389]

Los cambios en los planes de estudio llegaron a suscitar controversia en cuanto a los requisitos de examen de titulación. En un oficio dirigido al rector por el director de la escuela en agosto de 1923 se consideraba que "en virtud de las circunstancias por las que ha atravesado el país en estos últimos años, las cuales pudieran impedir a algunos alumnos sus prácticas profesionales y consagrar el tiempo necesario para la preparación de los exámenes y redacción de tesis, por equidad podría concedérseles el examen que solicitan".[390] Se refería a la solicitud de exámenes a título de sufi-

388 "Acuerdo. 14 de marzo 1922", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 12, exp. 183.

389 "Proyecto del Plan de Estudios de la Escuela de Ingenieros presentado a la SIPyBA por el director de la Escuela Luis Salazar", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 21, exp. 31.

390 "Al C. Rector de la Universidad Nacional de México, dirigido por el Director de la Facultad de Ingeniería, Valentín Gama. 16 de agosto 1923", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 1, exp. 8.

ciencia presentada por alumnos rezagados, a lo que las autoridades del plantel accedieron de forma excepcional, así como a la licencia para presentar materias adeudadas, siempre y cuando fuesen, en el caso de ingeniería civil, los cursos de Dibujo, Composición Arquitectónica o Economía Política.

Como un complemento para la formación de los ingenieros, la dirección del plantel, en común acuerdo con las autoridades federales, promovió la estancia de estudiantes mexicanos en el extranjero. Es importante destacar que, en este sentido, el caso de la ingeniería civil se diferenció de otros por el impacto relativamente bajo que tuvo en el desarrollo local de la profesión la formación de mexicanos en el extranjero. Esto obedeció, sin duda, a las peculiaridades geográficas del país, pero, sobre todo, a los niveles de desarrollo propio alcanzados en México, especialmente a partir de los años veinte. Un decreto firmado por el presidente Taft en noviembre de 1911 fue el paso que abrió esta clase de colaboraciones:

> Aquellos alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros de México que al efecto designe el Gobierno Mexicano para estudiar ciertas obras públicas en los Estados Unidos de América y Panamá, podrán prestar sus servicios en las distintas Secretarías de Estado [...] que tengan bajo su jurisdicción diferentes obras para las que se les designe. Este decreto se da de conformidad con los principios de cortesía internacional, a fin de acceder a lo que solicita el Gobierno Mexicano.[391]

Esta alternativa fue una meta cara para las autoridades de la escuela, según se desprende del contenido de un documento firmado por el secretario del plantel a nombre de la dirección en julio de 1919, una vez que se habían abierto las carreras de ingenieros electricistas y mecánicos, en donde claramente los norteamericanos tenían primacía: "las nuevas especializaciones y el canje de

391 "Autorización a los pasantes de la E. de Ingenieros. Decreto. W. H. Taft. 6 de noviembre 1911", *BIP*, XIX, 1 y 2, diciembre, 1911-enero, 1912, p. 91.

intelectuales con las Escuelas de Ingeniería Norteamericanas ocupan ahora la mente del Director [...] y ello se traducirá en útiles iniciativas".[392]

El propósito que animaba entonces las iniciativas de intercambio guardaba relación directa con la falta de práctica y el exceso de teoría, motivo que —como ya hemos visto— se fue corrigiendo a satisfacción, lo que repercutió en una menor necesidad de recurrir a dicha alternativa, que se centró, en realidad, en las carreras de mayor innovación tecnológica, como la de electricista o la de mecánico, pero no así en la de civil. Este afán se percibe ya en un comentario del ingeniero Luis Salazar, hecho con motivo de una reforma al plan de estudios en 1911:

> se ha reconocido la utilidad de las especialidades del ingeniero en los países donde el adelanto de las industrias más necesita dominar cualquiera de ellas. La carrera de ingeniería civil cuenta la subdivisión de: constructor, sanitario, de ferrocarriles, tecnológico y otras denominaciones. No son realmente los estudios profesionales en la ENI en cuanto al número, los que actualmente hacen dilatadas las carreras. Comparándolos con los que forman los prospectos de la mayor parte de las escuelas de ingenieros en Europa y en los EU, se ve que no hay diferencia grande respecto a las materias de enseñanza. Es en el desarrollo de los programas de cada curso en donde cabe el reducir la extensión de aquellos.[393]

Opciones como la representada por las becas de la John Simon Guggenheim Memorial Foundation, que a partir de 1929 destinó un millón de dólares de dotación para formar un plan de intercambio latinoamericano de becas, no tuvieron en el campo de la ingeniería civil la trascendencia que sí tuvieron en otras ramas de la ingeniería y en otras disciplinas. En 1931 se concedió a tres mexicanos, uno de

392 "Al C. Rector de la Universidad Nacional de México. 25 de julio 1919", AHPM, 1919-II-347, exp. 12, p. 4.

393 "Escuela Nacional de Ingenieros. Proyecto del Plan de Estudios de la Escuela de Ingenieros presentado a la SIPyBA por el director de la Escuela Luis Salazar. 1911", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 21, exp. 31, p. 4.

ellos, el ingeniero Tomás Barrera y Arenas, para minerales no-metálicos.[394] Los convenios de intercambio fueron bastante esporádicos y solían gestionarse por las autoridades escolares directamente con el gobierno de aquel país, como en el caso del pasante de Ingeniería Civil, Francisco Gómez Pérez, quien fue comisionado en 1928 por el plantel con objeto de dedicarse principal y especialmente al estudio y visita de puentes para caminos y verificar la práctica final de la carrera de ingeniero civil.[395]

En contrapartida, la Escuela Nacional de Ingenieros mantuvo una política de colaboración con estudiantes latinoamericanos. El texto que se cita a continuación forma parte de un memorandum firmado el 11 de diciembre de 1931 por el jefe de Intercambio Universitario, doctor Julio Jiménez Rueda, y dirigido al rector de la Universidad Nacional:

> Acatando el acuerdo de usted relativo a la propuesta de la Legación de México en Santo Domingo sobre becas para estudiantes dominicanos en la Facultad de Ingeniería, me es grato manifestarle que me parece interesante que la Universidad, siguiendo su plan de acercamiento hispanoamericano, acepte la sugestión que se le hace. Las becas podrían ser de ciento veinte pesos mensuales por diez meses y exención de colegiaturas.[396]

El intercambio de estudiantes con América Latina era un objetivo explicitado ya desde el gobierno de Carranza, quien consideraba que "el acercamiento de las naciones y especialmente de las de la misma raza, es una necesidad impuesta por la civilización moderna".[397] El

394 "Las becas de la John Simon Guggenheim Memorial Foundation", *Universidad de México*, México, abril de 1931, I, 6, pp. 520-521.

395 "Informe del pasante de ingeniería civil, Francisco Gómez Pérez, sobre sus trabajos realizados en los Estados Unidos", *BUNM*, IV, 7, julio, 1928, p. 36.

396 "Memorandum. Al Señor Rector de la Universidad Nacional, por el Jefe del Intercambio Universitario. 11 de diciembre 1931", AHUNAM, Universidad Nacional, Departamento Administrativo, 64, exp. 2236.

397 "Acuerdo del C. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, relativo a la revalidación de títulos y grados universitarios", doc. cit., p. 37.

procedimiento más común de los apoyos en este sentido, era el de eximir estudiantes en el pago de colegiaturas.

Para finalizar el presente apartado mostraré el plan de estudios que estaría vigente para el año lectivo de 1941, como síntesis y resultado de esa constante interacción con la práctica y con los requerimientos que el despliegue constructivo en el territorio nacional iba demandando. En este diseño curricular predomina un balance con la teoría pero favoreciendo los grupos de conocimientos cotejados con la experiencia efectiva:

> *Primer Año*.- Complementos de Álgebra (3 hrs. semana); 1er curso de Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral (3); Física (Mecánica y Fluidos) (4); Métodos Generales de Dibujo (3); Geometría Descriptiva (3); Topografía General (3); Prácticas parciales de Topografía (3). En este primer año, los cursos eminentemente teóricos sobre álgebra y geometría, serían acompañados de ejercicios obligatorios de aplicación. *Segundo Año*.- 2° Curso de Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral y Ecuaciones Diferenciales (3 hrs. a la semana); Física (Calor y Termodinámica) (4); Geología Física aplicada a las construcciones e Hidrología (3); Estática y Nociones de Estabilidad (2); Ejercicios de Estática (2); Ensayo de Materiales (3); Perspectiva (3); Conocimiento y Fabricación de Materiales (3). *Tercer Año*.- Cálculo Práctico (3 hrs. a la semana); Física (Electricidad y Magnetismo) (3); Cinemática, Dinámica y Mecanismos (4); Estabilidad de las Construcciones (3); Ejercicios de Estabilidad de las Construcciones (2); Hidráulica (3); Dibujo Constructivo (3); Máquinas Térmicas (4). [Para este año de la carrera, el Plan recomendaba llevar a cabo prácticas en Hidráulica y establecía como obligatorios los ejercicios en laboratorio para Máquinas Térmicas.] *Cuarto Año*.- Procedimientos de Construcción (4 hrs. a la semana); Máquinas Hidráulicas (3); Concreto (3); Ejercicios de Concreto (2); Laboratorio de Concreto (3); Ingeniería Eléctrica (4); Proyecto de Estructuras de Madera y Metálicas (5); Ingeniería Sanitaria (3); Proyectos de Ingeniería Sanitaria (3); Contabilidad, Costos, Presupuestos y Avalúos (3). En las materias de Estática y de Concreto, donde se contemplan tanto cursos teóricos como prácticos, la calificación se obtendría promediando ambos.[398]

398 "Plan de Estudios para la carrera de Ingeniero Civil. Febrero 1941", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 72, exp. 777, p. 3.

La matrícula escolar

Hemos visto en un apartado anterior cómo a principios del siglo XX la formación de ingenieros civiles en México estaba virtualmente monopolizada por la Universidad Nacional. Tal circunstancia pone en relieve varios elementos acerca de las condiciones en que se producían en México los profesionales de esta ciencia. Aquí trataré de mostrar el significado de esta dinámica, iniciando con consideraciones cuantitativas que mucho dicen, de entrada, acerca del impacto social de tal acontecer.

De acuerdo con el III Censo General de Población,[399] la cifra de habitantes en México en el año de 1910 ascendía a 15 160 000 personas, distribuidas en una superficie de casi dos millones de kilómetros cuadrados, con un desarrollo de infraestructura sumamente rezagado. Ese mismo año, la densidad de población promedio en la República era de 7.6 individuos por kilómetro cuadrado, siendo el Distrito Federal el de mayor densidad relativa, con 486 personas, seguido a mucha distancia por Tlaxcala con 46, y por el Estado de México con 41.[400] El 71.3 por ciento de la población se concentraba en zonas rurales, es decir, localidades con menos de 2 500 habitantes. La población analfabeta, de 10 años de edad o más, rebasaba a la mitad del total. En 1910 hubo 848 062 alumnos inscritos en primaria. Ese año de 1910 la matrícula en la Escuela Nacional de Ingenieros, en todas las carreras que ahí se impartían, era de 231 estudiantes. La cifra de jóvenes en edad de cursar una carrera, si se acepta el rango de 16 a 25 años, era de poco menos de tres millones,[401] esto es, un estudiante de ingeniería por cada 12 590 habitantes en edad potencial.

Los datos anteriores nos muestran que la cobertura era sumamente limitada y que, por supuesto, se concentraba en la población urbana. Haría falta un estudio sobre el origen social de los estudian-

399 Nacional Financiera, *La economía mexicana en cifras*, cuadro 1.1., "Población total", p. 14.

400 *Ibidem*, cuadro 1.4., "Densidad de población por entidad federativa", p. 20.

401 INEGI, *Estadísticas históricas de México*, I, cuadro 1.6., "Población total por grupos quinquenales de edad y sexo", p. 44.

tes, pero no es difícil ni aventurado concluir que la demanda de tales servicios se concentraba en los estratos de mayor poder adquisitivo, como señala Garciadiego: "Si se considera que en 1910 la población de estudiantes universitarios era inferior a mil jóvenes, debe concluirse que la educación superior no era accesible entonces a toda la clase media, sino que se dirigía, principalmente, a las clases alta y media-alta."[402] Además, se trataba de una escolaridad eminentemente masculina, pues entonces había una sola mujer matriculada y no en Ingeniería Civil, carrera donde no se registró el primer título femenino hasta 1930.

El calendario tradicional para los programas de la Escuela Nacional de Ingenieros contemplaba el inicio de clases el 1 de febrero y la clausura el 30 de septiembre. En 1911 el ritmo previsto para la flamante universidad se alteró por el curso de los acontecimientos, aunque las labores no fueron del todo suspendidas y se procuró restituir el programa en la segunda mitad de ese año, introduciendo un curso semestral entre el 19 de julio y el 31 de enero de 1912.[403] A tal curso se inscribieron 226 alumnos, de los cuales hubo una sola mujer, que concluyó entonces la carrera de Ensayador. De este total, 182 alumnos se matricularon en la carrera de Ingeniería Civil, repartidos de la siguiente manera: 76 en el primer año; 48 en el segundo; 29 en el tercero y otros 29 en el cuarto.[404] Las otras carreras que impartió la Escuela fueron Ingeniero de Minas, con 17 alumnos; Topógrafo e Hidrógrafo, con 21 alumnos; Metalurgista e Industrial, con dos alumnos cada una, y Geógrafo y Electricista, con sólo una alumno inscrito en cada una.

Es importante señalar que este comportamiento apenas si varió con el triunfo de la Revolución. De hecho, en 1912 —que tuvo la tasa más alta de inscripción en la época— se registraron 226 alumnos, de los cuales 182 lo hicieron en Ingeniería Civil. En 1920 la relación fue de 193 alumnos y en 1930 de 280. Ya entrada esa última década empezó a crecer la matrícula y a diversificarse la oferta

402 J. Garciadiego, *op. cit.*, p. 67.

403 "Reseña de los trabajos llevados a cabo durante el año escolar de 1911 a 1912 en la Escuela N. de Ingenieros", *BIP*, XIX, 7, junio, 1912, p. 952.

404 *Loc. cit.*

fuera de la ciudad capital. Entre 1929 y 1937 la población escolar de ingeniería creció 214 por ciento, pero llegando sólo a 505 alumnos. Lejos estaba la Escuela de Ingenieros de poner cortapisas a la matrícula, como no fueran los requisitos académicos que se reducían, en realidad, al certificado de Preparatoria; por el contrario, de diversas maneras las autoridades trataron de alentar un incremento en la cantidad de estudiantes. En 1916, por ejemplo, se congratulaba la dirección del plantel de haber superado la amenaza de desaparición de la carrera de Ingeniería de Minas —motivo de la fundación del Colegio— por falta de demanda, ello, gracias "a la buena acogida que los escolares dispensaron al nuevo plan de estudios, entre cuyas modificaciones de estructura había la fundamental, disidente del antiguo en lo tocante a la reducción de materias a las necesarias o útiles por su aplicación en el ejercicio profesional".[405]

La mayor parte de los estudiantes de nuevo ingreso a la Escuela Nacional de Ingenieros provenía de la Escuela Nacional Preparatoria. El año de 1912, por ejemplo, se matricularon 44 alumnos nuevos, 20 de ellos de la Preparatoria; el resto provenía de diversas instituciones de provincia, como el Instituto de Ciencias de Oaxaca; el Colegio del Estado, de Puebla; el Colegio Preparatorio, de Jalapa; el Instituto Científico Literario, de Pachuca, etcétera.[406] Como señalaba un documento de la época, "para ingresar a la Escuela Nacional de Ingenieros es necesario que el interesado presente un certificado que acredite que ha terminado sus estudios preparatorios en alguna preparatoria oficial, o en alguna escuela normal oficial, y que sea aprobado en las pruebas que los reglamentos de la Universidad prescriban."[407] Sin embargo, era más o menos común, hasta entrados los años treinta, que alumnos de reciente ingreso a la profesional adeudaran materias preparatorias.

No existían entonces las "áreas" en la Preparatoria, que encauzaban de acuerdo con el cuadro de materias hacia un tipo específico de

405 "Oficio núm. 293. Informe del año escolar de 1917-1918", AHPM, 1917-III-340, exp. 18, p. 1.

406 "Alumnos inscritos por primera vez a esta Escuela en el presente año escolar, con especificación de los establecimientos de donde proceden. 15 de mayo 1912", AHPM, 1912-IV-317, exp. 6.

407 "Proyecto de Plan de Estudios Preparatorios...", doc. cit., p. 5.

carrera, pero solía exigirse solvencia en los conocimientos de matemáticas y física. Sin embargo, por la baja demanda de estudios en ingeniería, los criterios de admisión eran flexibles:

> Esta tolerancia fue conveniente en virtud de los pocos que en México se consagran a la ingeniería, en un país nuevo, en el sentido de país poco explotado en sus inmensas fuentes naturales de riqueza, y que por tanto está urgiendo que se formen suficientes profesionistas de los aludidos.[408]

El ingreso a la Escuela Nacional de Ingenieros estuvo caracterizado, a lo largo de esos años de despegue de la ingeniería mexicana, por dos elementos contrapuestos: por una parte, la necesidad explícita de contar con una formación previa de los candidatos a la carrera en materias científicas correlativas al área; y por otra, la necesidad también explícita de alentar un incremento en la matrícula, la cual se mantenía en cifras de muy baja significación social y no consecuentes con la demanda potencial de profesionistas que era previsible. Un doble problema cuantitativo y cualitativo que no sería resuelto sino con un esfuerzo sostenido hasta años más tarde.

En el primer sentido, el de los requisitos de admisión, los esfuerzos se dirigieron hacia la educación anterior a la profesional, descartando la opción de exámenes de admisión precisamente en función de la baja demanda. Así, por ejemplo, en octubre de 1915 se presentó un proyecto del plan de estudios donde se argumentó lo siguiente:

> La mayoría de los ingenieros profesores de esta Escuela han estado y están en contra de la uniformidad de los estudios de la Escuela Nacional Preparatoria para todas las profesiones, porque han notado la deficiente preparación de los alumnos que entran a la Escuela de Ingenieros en las materias que más necesitan en esta Escuela. Esta deficiencia depende, en gran parte, de la igualdad en los estudios preparatorios, como pasamos a explicar. La carrera del ingeniero se funda sobre la

408 Texto de respuesta al Departamento Universitario sobre inscripciones: "Se contesta el oficio número 6104 de la Mesa Primera (Técnica) recibido ayer y se declara lo concerniente a las inscripciones de la ENI. 3 de julio 1919", AHPM, 1919-II-347, exp. 13.

física y las matemáticas, de tal manera que una persona cuyos conocimientos en estas materias sean deficientes no podrá pasar de mediano ingeniero, y viceversa, con aquella base puede llegarse a ser buen ingeniero sin necesidad de muchos estudios profesionales.[409]

La propuesta incluía cinco cursos de matemáticas y dos de física. En el otro sentido, la Universidad mantuvo una política de puertas abiertas y eventualmente procuró incentivar la inscripción para elevar el número de la matrícula. Los requisitos de ingreso, de acuerdo con especificaciones elaboradas para el año escolar 1928 —previo a la Ley de Autonomía— fueron, para el caso de Ingeniería:

a) deberán tener expedido el *pase* definitivo o la orden de inscripción provisional de la Sección de Preparatoria; [...] h) las personas que deseen seguir una carrera deberán presentar en la Sección correspondiente de la Secretaría General, un comprobante de examen físico y de salud, expedido por el médico escolar de la Facultad; i) exhibir el recibo de pago correspondiente por derechos de inscripción y no tener adeudos atrasados con la Tesorería de la Universidad.[410]

La cuota para Ingeniería era de 30 pesos, pero se podía solicitar una exención en el caso de ser obrero o hijo de obreros, de ser hijo de profesores de primaria elemental y, finalmente, podían disfrutar de esa prebenda los alumnos de "notoria pobreza" que hubieran obtenido en todos sus estudios anteriores muy buenas calificaciones "y que observen además muy buena conducta".[411]

La Universidad Nacional Autónoma hace un llamamiento cordial a todos los padres que envían a sus hijos al extranjero, a que ingresen a las aulas de nuestra Institución, porque considera un deber nacional evitar

409 "Proyecto de Plan de Estudios Preparatorios necesarios para ingresar a la Escuela Nacional de Ingenieros, propuesto por el Director y Profesores de esa Escuela", AHPM, [octubre de] 1915-II-332, exp. 7.

410 "Requisitos que hay que llenar para la Inscripción. 9 de enero 11928", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 26, exp. 358, pp. 1-3.

411 *Ibidem*, p. 5.

> que la juventud, en la época más peligrosa de su vida, que es la de formación de su inconfundible fisonomía corporal y espiritual, esté sujeta a la influencia de costumbres y enseñanzas ajenas y aun contrarias a las de nuestro medio, si bien las necesidades del progreso nos obligan a mantener relaciones con todos los países y, por lo mismo, a sufrir la influencia de sus civilizaciones, no es por ello menos apremiante el deber de vigorizar nuestra personalidad.[412]

En 1924 Ingeniería atendía a 185 alumnos, todos ellos de sexo masculino, con una asistencia media diaria de 142 estudiantes.[413] Ese mismo año se celebraron 14 exámenes profesionales y se aplicaron 38 exámenes ordinarios, con una tasa de reprobación menor de 0.5 por ciento.[414] En 1926, en un informe del director de Ingeniería al secretario general de la Universidad, se daba noticia del tipo de demanda que se hacía sobre la oferta educativa de la Escuela:

> a pesar de lo entrado del año son varias las personas que han solicitado informes relativos a inscripción, sistemas de enseñanza, etc. No ha faltado tampoco la solicitud de programas de algunas de las cátedras y nombre de los textos que se siguen en ellas, pero en mayor número de las anteriores, se han recibido solicitudes de informes sobre revalidación de estudios.[415]

A mediados de los años treinta —en un movimiento exógeno determinado por el amplio desarrollo que entonces evidenciaba ya la ingeniería civil en México— la matrícula comenzó a dispararse, y entonces se introdujeron los primeros mecanismos para contener la demanda, por razones estrictas de cupo, ya que seguía siendo muy baja en términos absolutos. En una oficio remitido por Mariano

412 "Declaraciones del Rector", *Universidad de México*, México, I, 5, marzo, 1931, p. 430.

413 "Datos estadísticos mensuales de los alumnos de las Instituciones Universitarias", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 1, exp. 21.

414 "Datos estadísticos comparativos de la Facultad de Ingeniería correspondientes a los años de 1924 y 1925", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 1, exp. 22.

415 "Informe de las labores de la E.N.I. durante junio. Al C. Secretario General de la Universidad Nacional. 1 de julio 1926", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 5, exp. 113.

Moctezuma, director del plantel, al Secretario General de la Universidad, se recomendó

> que debe limitarse [el número de estudiantes de primer ingreso] al máximo aceptado en el presente año, es decir, a 175 plazas; reservando para la carrera de Ingeniero Civil 140 y para todas las demás carreras 35, en la inteligencia de que el número señalado para la carrera de Ingeniero Civil sea el máximo que se acepte y que, en caso de que no se alcance tal límite se amplíe el número señalado para las demás carreras.[416]

El cuadro 2 permite observar el comportamiento de la matrícula en ingeniería.

Cuadro 2. Matrícula de la Escuela Nacional de Ingenieros por años seleccionados

	1911	*1917*	*1920*	*1922*	*1927*	*1930*	*1935*	*1938*	*1940*
ENI	202	185	194	179	204	280	423	635	705
Ingeniería civil	159	112	120	105	Sin datos	Sin datos	332	Sin datos	555

Fuente: informes de labores de la Escuela Nacional de Ingenieros, AHUNAM.

Lo primero que salta a la vista en el cuadro anterior es el hecho de que por décadas la matrícula se mantuvo estable, y no fue sino hasta mediados de los años treinta cuando empezó a registrar incrementos significativos. También se deduce que el porcentaje correspondiente a la carrera de Ingeniería Civil era abrumadoramente mayoritario, no obstante la oferta de otras varias carreras.[417] La tasa de deserción se mostró también bastante estable,[418]

416 "Oficio dirigido al Señor Secretario General de la Universidad Nacional de México. 13 de noviembre 1939", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 67, exp. 893.

417 La oferta educativa en 1927, por ejemplo, se integraba así: Ingeniero Civil, 5 años de estudio; Ingeniero de Minas, 5 años de estudio; Ingeniero Petrolero, 5 años de estudio; Ingeniero Mecánico-Electricista, 5 años de estudio; Ingeniero Topógrafo, 2 años de estudio. Durante el año se otorgaron cinco de ingenieros civiles; uno de ingeniero en minas; uno de ingeniero mecánico-electricista y uno de ingeniero metalurgista.

418 El plantel reportó, por ejemplo, seis bajas en 1923; siete en 1924 y dos en 1925. *Cfr*. "Datos estadísticos relativos a Inscripciones de alumnos en los años de 1922 a 1925", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 2, exp. 44.

sin rebasar 10 por ciento, así como la de titulación, que veremos más adelante.

Como referentes para dimensionar la matrícula en Ingeniería podemos tomar en cuenta, por ejemplo, los índices de matriculación más general: en 1920 el total de alumnos universitarios inscritos fue de 4 673, y Medicina era el de mayor cantidad con 1 205. En primaria hubo en ese año 743 896 alumnos. Por otro lado, Ciencias Químicas, con apenas cinco años de existencia, tenía, en 1922, 315 alumnos inscritos, frente a los 180 que entonces estudiaban en Ingeniería.[419]

La matrícula femenina mostró datos relativos muy bajos. En 1925 se registró una sola mujer inscrita en ingeniería civil[420] y en 1938, cuando la matrícula estaba en pleno crecimiento, sólo cinco. El primer título femenino otorgado por el plantel en la carrera de Ingeniería Civil se concedió en 1930:

> Concepción Mendizábal es el nombre de la primera mujer mexicana que se recibe en la noble profesión de la Ingeniería Civil. Hija del gran matemático don Joaquín Mendizábal Tamborel, heredó el amor a los números y, desentendiéndose de la historia y de la tradición, luchando y esforzándose como se creía que sólo los hombres excepcionales podían luchar y esforzarse, se hizo merecedora el 11 de febrero de 1930 a un título que miles de varones codiciarían. ¡Bienvenida siga siendo la mujer mexicana al campo de la ciencia que todo lo investiga, que todo lo calcula y que todo anhela aprovecharlo en beneficio de la humanidad, porque para la reconstrucción de México necesitamos de nuestros mejores elementos, ya no sólo sin distinción de razas y nacionalidades, sino tampoco de sexos![421]

En 1940 estuvieron matriculadas diez mujeres en la carrera.[422]

419 "Relación de inscripciones registradas en 1922", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 4, exp. 96.

420 "Detalle de las inscripciones de alumnas efectuada hasta esta fecha en las diversas instituciones universitarias", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 3, exp. 82.

421 "Bienvenida", *Tolteca*, 15 de julio, 1930, p. 170.

422 Hasta donde he podido constatar, la segunda titulación femenina en Ingeniería Civil corresponde a Laura Cuevas Bulnes, graduada el 31 de enero de 1938.

A pesar de esos signos favorables en el comportamiento de la matrícula, las autoridades universitarias trataban de seguir alentando la demanda de estudios en ingeniería, pues la demanda "natural" seguía canalizándose hacia Medicina y Derecho, principalmente. Según palabras del rector Roberto Medellín en 1933,

> año con año se ven pletóricas de jóvenes las aulas de las Facultades de Medicina y Derecho. Año con año se ven pobremente concurridas las carreras técnicas, ya por los prejuicios ancestrales que existen, ya porque esas carreras, en sí, representan mayores esfuerzos, puesto que las disciplinas que las componen requieren una consagración más completa, siendo básica en ellas la enseñanza de las matemáticas.[423]

El problema de los bajos números de matriculación, estaba agravado por el hecho de que se graduaban pocos ingenieros en relación con las necesidades del país. En este renglón también se puede observar un repunte que inicia en los comienzos de la década de los treinta, si bien es cierto que para entonces la Universidad Nacional ya compartía responsabilidades en ese sentido con otras instituciones. En el cuadro siguiente se puede observar cómo la inercia del comportamiento no empezó a romperse hasta mediados de los años treinta:

Cuadro 3. Titulación en Ingeniería Civil en la Universidad Nacional por años seleccionados

	1911	*1917*	*1920*	*1922*	*1927*	*1930*	*1935*	*1937*	*1939*	*1940*
Títulos	7	20	18	6	7	19	23	47	39	43

Fuente: informes de labores de la Escuela Nacional de Ingenieros, AHUNAM.

En una estimación realizada por el Auditor de la Universidad se determinó el costo por cada título expedido entre 1930 y 1933, con una división simple entre los gastos de administración y servi-

423 "Informe del Rector al H. Consejo Universitario. 17 de mayo 1933", *Universidad de México*, VI, 31 y 32, mayo-junio, 1933, p. 5.

cios generales por el número de títulos logrados en el periodo en todas las carreras de ingeniería, con un resultado de 15 061 pesos, lo que constituye un indicador relativo del nivel de rendimiento terminal, dado que en Medicina el resultado fue de 2 658 pesos, en Filosofía y Letras de 31 343 y en Comercio de 59 045.[424]

Además de los títulos propios concedidos por la Universidad, ésta fue encargada de revalidar títulos de Ingeniería Civil obtenidos en el extranjero: tres en 1919; siete en 1920; tres en 1921; seis en 1922.[425] En 1924 se suprimió un procedimiento que consistía en otorgar una *visa* académica a profesionales extranjeros, "y que estaba siendo usada indebidamente por los interesados, para facilitar el ejercicio de su profesión", según palabras del presidente de la República.[426]

Algunas demandas de estudiantes sirvieron para reforzar los procedimientos tradicionales del plantel, como ocurrió con una solicitud presentada por varios de ellos, pidiendo la anulación del requisito de examen profesional, por considerar que las prácticas de campo realizadas "son más que suficientes para satisfacer el requisito relativo impuesto a los pasantes para obtener el examen profesional".[427] La respuesta negativa del Consejo señaló como argumento único que "por el prestigio de la Universidad Nacional y aún por el personal de cada uno de los peticionarios, no es de otorgárseles, como lo pretenden, el título de Ingenieros Civiles con dispensa del examen profesional".[428]

Este ejemplo, como otros, evidencia una disciplina estudiantil que evitaba recurrir al uso de la presión para obtener satisfacciones o beneficios excepcionales. En otros casos, las solicitudes fueron atendidas con respuestas positivas:

424 "Títulos expedidos por la Universidad 1930-1933 y su costo. Auditor de la Universidad. Octubre 1933", AHUNAM, Universidad Nacional, Inventario de la Secretaría General, 1, exp. 1.

425 "Títulos extranjeros revalidados o visados por la Universidad Nacional. 1919 a 1925", *BUNM*, II, 2, marzo, 1925, pp. 34-35.

426 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 11...*, p. 173.

427 "Oficio al Honorable Consejo Universitario. 23 de marzo 1916", AHPM, 1916-I-334, exp. 8, p. 1.

428 *Ibidem*, p. 4.

> Por concesión especial de la Secretaría General durante los días 18 y 19 de abril (1927) se efectuaron exámenes extraordinarios con el fin de regularizar hasta donde es posible la situación escolar de los alumnos irregulares. Con el fin de molestar lo menos posible a los señores profesores, la revisión de las pruebas (26 en total) se hizo a las horas en que cada maestro salía de su clase, salvo en aquellos casos en que hubo que citar especialmente por ser prueba oral.[429]

Pero no encontré en el curso de la investigación ningún indicio de que alguna petición estudiantil hubiese surtido efecto para conseguir alguna prebenda.

Por ello, el buen comportamiento de los alumnos era motivo de beneplácito para las autoridades del plantel, ya que "han conservado en ello las tradiciones de compostura y aplicación, tales que jamás se ha necesitado en la Facultad expedir nombramiento de prefectos, sin los cuales se guarda inquebrantable buen orden".[430]

Incluso las relaciones con la Sociedad de Alumnos mostraron evidencias de buena colaboración con las autoridades. En 1926 se estableció una sociedad cooperativa por parte de los alumnos para la adquisición directa de sus textos de estudio. Ese mismo año comenzó a funcionar un taller de copias heliográficas administrado por los alumnos de la Sociedad. El director José A. Cuevas confiaba en que aún se podían mejorar mucho las relaciones:

> Todavía habrá que esperar tiempo antes de que los alumnos se penetren del sentido que ha tenido la actitud mostrada hacia ellos por nuestras autoridades escolares al favorecer por todos conceptos su organización dentro de la Universidad; todavía hace falta esperar tiempo para que los alumnos sientan todo el alcance y toda la responsabilidad que entraña la cooperación de dos entidades complementarias [...] fundada en el sentimiento del recíproco respeto y de las mutuas

429 "Informe que rinde la Secretaría General de la Universidad Nacional, sobre las labores desarrolladas en la misma, durante el mes de abril último", *BUNM*, III, 5, 6 y 74, mayo-junio-julio, 1927, p. 17.

430 "Tengo la honra de informar a usted acerca de la Facultad de Ingeniería en el año de 1917-1918", AHPM, 1917-III-340, exp. 1, p. 7.

> responsabilidades que obligan a todos a opinar con independencia y con espíritu de cooperación a la vez.[431]

La Sociedad de Alumnos tenía la prerrogativa de nombrar un delegado ante el Consejo Universitario.[432] Más adelante, con la Ley Orgánica de 1933, aparecería la figura de las academias mixtas de profesores y alumnos, en donde privó el criterio de paridad, con injerencia en cuestiones académicas.

Para finalizar con este apartado, una nota sobre las condiciones del inmueble en el que estudiaban los futuros ingenieros.

> La conservación del edificio ha merecido atención constante a causa de su estado ruinoso; bien que remediando únicamente los desperfectos que no son de gran costo en su reparación. Y una vez más, al ocuparme de esta valiosa joya arquitectónica, hago notar el cuidado preferente que requiere para que no sobrevenga su completa ruina.[433]

La falta de mantenimiento, imputable a la falta de recursos, fue un elemento que se mantuvo igual, como se puede observar en el contenido de un dictamen elaborado a tal efecto por la Rectoría de la Universidad:

> Después de recorrer todos los salones del edificio, me di perfecta cuenta que para los 180 alumnos que más o menos concurren a dicha Institución, los salones tienen sobrada amplitud [...]. Los pisos en su mayoría están en muy mal estado y con excepción de algunos salones todo el edificio está muy deteriorado y sucio. Cielos rasos que se conoce que ha poco tiempo han sido puestos, están manchados por las goteras, que indican el mal estado de los techos.

431 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", doc. cit., p. 18.

432 "Oficio. Se entera al Rector Antonio Castro Leal del nombramiento del Delegado de la Sociedad de Alumnos de la Facultad de Ingeniería al Consejo Universitario. 8 de mayo 1929", AHUNAM, Universidad Nacional, Departamento Administrativo, 43, exp. 1366.

433 "Oficio núm. 293. Informe del año escolar de 1917-1918", AHPM, 1917-III-340, exp. 18.

> Los laboratorios de química sucios y destartalados y sin ventiladores mecánicos, están pidiendo ser renovados completamente, poniéndolo a la altura del siglo en que vivimos. Gran parte del drenaje está fatal [...], uno de los patios y varios salones de la planta baja se inundan con los grandes aguaceros. Los excusados que son ocho y los mingitorios siete, están en pésimo estado. El interior de este edificio hace contraste con la fachada y se encuentra, en lo general, en tal estado de deterioro y poco aseo, que urge sea reparado y pintado cuanto antes.[434]

La situación no mejoró con los años, al menos hasta terminar el periodo que nos ocupa; a ello se refiere el informe del rector relativo a 1940:

> En lo que respecta a las obras materiales, siendo de todos conocido el estado ruinoso del edificio de la Escuela, se han empezado los trabajos para reparar el mayor número de salones de clase que sea posible; igualmente se ha iniciado la reparación total del salón de actos y se ha procedido a iluminar profusamente la Sala de Lectura de la Biblioteca.[435]

El personal docente y los libros de texto

El cuerpo docente de la Escuela Nacional de Ingenieros estaba integrado por profesionales de gran reputación en su campo. Los mecanismos para su reclutamiento, una vez constituida la Universidad Nacional, fueron diseñados según los términos de la fracción IV del artículo 8 de la Ley Constitutiva de 1910: consulta con las juntas de profesores por parte del director del plantel, quien presentaría la propuesta ante el Consejo Universitario; una vez aprobada por este organismo se turnaría a la secretaría del ramo y finalmente al presidente de la República, quien daría el fallo definitivo.[436] Más adelante se emitió un *acuerdo* de la misma secretaría, puntualizando los

434 "Se transcribe el informe del estado que guarda el local que ocupa la Fac. de Ingenieros. 10 de junio 1925", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 16, exp. 262.

435 "Informe del Rector. 1941", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 1, exp. 9.

436 Ley Constitutiva de la Universidad Nacional de México, promulgada el 26 de mayo de 1910.

diversos casos para un nombramiento, pero conservando en esencia los criterios anteriores.[437] Dado que las dimensiones del plantel en cuanto a su matrícula eran bastante modestas, la figura de docente de tiempo completo era por completo inexistente, y cada uno de los profesores cumplía su compromiso magisterial con un ejercicio de cuatro horas y media a la semana como promedio. A comienzos del periodo que nos ocupa, la norma general consistía en un solo profesor para una sola asignatura —excepto las cátedras más concurridas, como Matemáticas, Geometría Descriptiva o Topografía—, lo que reportaba una tasa de empleo por ese concepto bastante baja. En algunos casos, no tan frecuentes, un mismo docente se desempeñaba en otro plantel educativo; en particular, en tales casos, en la Escuela Nacional Preparatoria.

Sin embargo, lo realmente común era que, aparte de la docencia, ellos ejercieran su profesión en el sector público, o bien como agentes libres de acuerdo con sus respectivas especialidades, y en menor proporción como empleados en el sector privado. En 1912, por ejemplo, el ingeniero Luis Salazar fungía a la vez como director de la Escuela y como subdirector de Obras Públicas; Manuel Torres Torija era profesor de Matemáticas Superiores, profesor de Construcción en la Escuela de Bellas Artes e inspector de arquitectura para el servicio de Instrucción Pública; Braulio Martínez era profesor de Topografía e Hidrografía en esta Escuela, en la de Agricultura, profesor de Hidráulica, y jefe de sección en la Dirección de Obras Públicas; Bartolo Vergara tenía a su cargo la asignatura de Geometría Descriptiva y era a la vez director de la Oficina Impresora de Estampillas y miembro de la Junta del Catastro; Ángel Anguiano también impartía Geometría Descriptiva y era director de la Comisión Geodésica; Antonio M. Anza impartía Procedimientos de Construcción e Ingeniero Consultor de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas; Ezequiel Pérez daba Química Analítica y fungía también como director del Departamento de Pesas y Medidas en la Secretaría de Fomento; Carlos Daza y Octavio Dubois estaban encargados de

437 "Acuerdo relativo al modo como deben proveerse las vacantes de profesores en las escuelas universitarias", *BIP*, XVI, 1-2, enero-febrero, 1911, pp. 54-55.

Vías Terrestres y Vías de Comunicación Fluvial respectivamente, y ambos eran a la vez ingenieros en las Obras de Provisión de Aguas Potables para la ciudad de México; José Covarrubias era director de Correos y daba Dibujo Topográfico en la Escuela; Miguel G. Aguayo era ensayador en la Casa de Moneda y profesor de Química Analítica; Félix Trigos y Mateo Rojas eran inspectores técnicos de Ferrocarriles y ayudantes de Experimentación de Materiales y de prácticas escolares de Topografía. Algunos profesores ejercían el magisterio en otros planteles como Bellas Artes (caso de Nicolás Mariscal), el Colegio Militar o la Escuela de Artes y Oficios.[438]

Hacia 1920, por indicación de la Secretaría de Instrucción Pública, se giró un oficio solicitando la adopción del sistema de oposiciones para la provisión de cátedras, que hasta ese entonces se hacían por "elección": "Con el fin de poner en práctica el sistema de oposiciones a las cátedras para cubrir éstas en todas las Facultades universitarias por acuerdo del ciudadano Rector, suplico a usted atentamente se sirva formular las bases que crea convenientes para realizar ese sistema y remitirlas a esta Secretaría para su estudio."[439] Por esas mismas fechas se informó que, por acuerdo superior, la Escuela Nacional Preparatoria regresaría a depender de la Universidad Nacional.

Las designaciones por "oposición" se hacían ya dentro de la propia Universidad en el caso de Medicina, y consistían en una convocatoria abierta para cubrir una plaza docente y sometían a los candidatos a un cotejo de sus méritos académicos para resolver a favor del mejor. El método no se introdujo entonces en la Escuela Nacional de Ingenieros por diversas circunstancias, en particular porque la planta de profesores mantenía una fuerte estabilidad y, dado el reducido número de estudiantes y la baja tasa de crecimiento de la matrícula, no eran frecuentes los casos de nuevas contrataciones. De hecho, esa alternativa fue desechada por la dirección del plantel desde diciem-

438 "Relación de los CC. Profesores y Empleados de esta Escuela que desempeñan más de un empleo con sueldo", AHPM, 1912-I-314, exp. 8.

439 "La cátedras en las Facultades universitarias deberán cubrirse por oposición. 24 de agosto 1920", *BU*, I, 2, 4ª época, noviembre, 1920, p. 11.

bre de 1915, cuando se dio la siguiente respuesta a una intención de aplicarla: "hay muchas clases esencialmente prácticas, de tal manera que no se podrá juzgar la aptitud de los candidatos, sino presentándole los problemas tal y como se presentan en la realidad, no por pruebas de laboratorio o de gabinete".[440] Esta postura fue reiterativa, no sólo por parte de los académicos, sino de organizaciones externas. En respuesta a una consulta especializada solicitada por la dirección del plantel a principios de 1921 al Centro de Ingenieros, organismo que tenía ya fuerte injerencia en los asuntos universitarios, el Consejo de Administración del mencionado Centro opinó que "sería del todo injustificado y perjudicial introducir un cambio de personal de la Dirección y del profesorado en general".[441] En la misma respuesta, el Centro de Ingenieros expuso una interesante argumentación acerca de la inoperancia del método de oposiciones sugerido:

> si en principio el método de oposición o concurso de competencia es bueno, no es de tomarse como preferente en el caso, porque los ingenieros más capacitados para la enseñanza en materias de aplicación son los postulantes que por su misma buena clientela y necesidad de salir con frecuencia de la capital, no buscan dar clases y desdeñan las oposiciones o concursos. […] Conviene por esto dejar el medio de que sin oposición, por estímulo e influencias de la Dirección de la Escuela y del Centro, cerca de los profesionistas más capacitados se consiga su aceptación como profesores por lo menos para ciertas materias en calidad de conferencistas.[442]

De acuerdo con el director del plantel —en un Informe de 1918— las labores educativas de los profesores evidenciaban un nivel óptimo: "concluyo este informe manifestando mi satisfacción por la empeñosa labor del profesorado de la Escuela Nacional de Ingenieros, el cual ha cumplido con creces su misión difusora de co-

440 "La Comisión nombrada por la Dirección de la Escuela Nacional de Ingenieros para estudiar el proyecto de oposiciones presentado a la Universidad Nacional formula las siguientes conclusiones. 2 de diciembre 1915", AHPM, 1916-II-335, exp. 3.

441 "Respuesta del Centro de Ingenieros. 4 de febrero 1921", *BU*, II, 4, 4ª época, marzo, 1921, p. 178.

442 *Loc. cit*.

nocimientos técnicos, preparatoria para la ejecución de las grandes obras nacionales y la explotación de la riqueza del país".[443] Esta valoración favorable al cuerpo magisterial fue una constante a lo largo del periodo. El balance relativo al desempeño del cuerpo magisterial al concluir el año de 1940 fue bastante positivo: "La Dirección de la Escuela ha consignado con verdadero beneplácito, que el profesorado ha cumplido satisfactoriamente sus funciones, poniendo todo su empeño para llenar la misión que se le ha encomendado."[444] En este mismo reporte se dio cuenta de la edición de varios libros de texto para uso docente en la Escuela, entre los que se encuentran *Máquinas hidráulicas,* del ingeniero José L. de Parres; *Temario de geometría descriptiva,* del arquitecto Adrián Giombini y *Concreto,* del ingeniero Armando Riemann.[445]

En 1920 la planta de profesores era de 76 ingenieros, mientras el total en la Universidad era de 533, con Medicina como la de mayor número con 140. En 1924 había 71 profesores. En 1928 el cuerpo docente —"el cual no ha aumentado no obstante las nuevas carreras y cursos que se han agregado en el plan de estudios"—[446] se integraba por 12 profesores de materias aplicadas (con sueldo diario de seis pesos); 58 de materias técnicas generales (sueldo de cuatro pesos al día), y 12 ayudantes de clase (con tres pesos diarios).[447] Además de impartir sus cátedras, los profesores acostumbraban colaborar a título personal en la adquisición de equipos para la Escuela, en el establecimiento de relaciones cooperativas con las industrias del ramo y en la redacción de la revista *Ingeniería*.

En 1922, en el umbral del gran despliegue constructivo emprendido por el gobierno y apuntalado por los profesionistas egresados de la Universidad, el cuerpo magisterial de la entonces así autodenominada Facultad Nacional de Ingeniería había experimentado una

443 "Tengo la honra de informar a usted acerca de la Facultad de Ingeniería en el año de 1917-1918", doc. cit., p. 7.

444 "Informe del Rector. 1941", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 1, exp. 9.

445 *Loc. cit.*

446 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", doc. cit., p. 8.

447 *Loc. cit.*

ampliación cuantitativa, y se había integrado del siguiente modo: Matemáticas, primer ciclo, profesor Alfonso Nápoles Gándara e ingeniero Basiliso Romo; Matemáticas, segundo ciclo, ingeniero Sotero Prieto; Topografía, ingenieros Aurelio Leyva y Ricardo Toscano; Geometría Descriptiva, primer ciclo, José Vázquez Shiaffino y Octavio Bustamante; Geometría Descriptiva, segundo ciclo, Eugenio Bedolla; Física, Valentín Gama y Basiliso Romo; 1° año Dibujo Arquitectónico, José Covarrubias; 2° año Dibujo Arquitectónico, Carlos Gorbea; 3er año Dibujo Arquitectónico, Alfonso Rodríguez del Campo; Dibujo Topográfico, Fernando Ríos Venegas; 2° curso de Dibujo Topográfico, Ignacio Ramírez; Nociones de Química y Electroquímica, Juan Salvador Agraz; Estática y Mecánica (aplicada a construcciones), José A. Cuevas; Trabajos Prácticos de Estereotomía, Salvador Medina; Electricidad, Carlos Luca; Electricidad (corriente continua), Daniel Olmedo; Química (análisis cualitativo), Carlos Castro; Química (análisis cuantitativo), Carlos Castro; Mineralogía y Petrología, José G. Aguilera; Dibujo de Máquinas, Daniel Palacios; Geología General, Andrés Villafaña; Dinámica, Ignacio Avilés; Procedimientos de Construcción, Ángel Peimbert; Geología Aplicada, Andrés Villafaña; Hidráulica y Máquinas Hidráulicas, Octavio Bustamante; Concreto Armado, José A. Cuevas; Mecánica Aplicada a las Construcciones, Claudio Castrom; Nociones de Geología, Hermenegildo Muro; Aparatos de Medición Eléctrica, Carlos Luca; Tecnología Mecánica, Rodolfo Peter; Máquinas de Corriente Alterna, Guillermo A. Keller; Trabajos de Taller Mecánico, Rodolfo Peter; Segundo Curso de Electricidad, Daniel Olmedo; Elevadores, Malacates, Grúas y Transportadores, Julio García; Laboratorio de Electricidad, Guillermo A. Keller; Composición de Proyectos Arquitectónicos, Ignacio López Bancalari; Máquinas Térmicas, Ignacio Avilés; Explotación de Minas, Rodolfo Muñoz; Preparación Mecánica de Minerales y Metalurgia en General, Enrique Ortiz; Explotación de Petróleo, Trinidad Paredes; Proyectos de Instalaciones Mineras y Metalúrgicas, Enrique Ortiz; Vías Terrestres, Carlos Daza; Obras Hidráulicas, Plutarco Garciadiego; Vías Fluviales, Fernando Dublán; Proyectos de Ingeniería Civil, Octavio Dubois e Ignacio López Bancalari; Química Industrial, Gonzalo Ramírez; Academias de

Química Industrial, Juan Salvador Agraz; Composición de Obras Industriales, Claudio Castro; Cálculo y Construcción de Calderas y Máquinas de Vapor, Rodolfo Meter; Alumbrado Eléctrico, Gregorio Solís; Fototopografía, Valentín Gama; Astronomía Práctica, Joaquín Gallo; Ingeniería Sanitaria, Alberto Barocio; Prácticas de Química Analítica, Salvador Soto Morales; Prácticas de Electricidad, Carlos Luca; Prácticas de Topografía, Emilio Subyaga y José Beltrán del Río; Contratos, Avalúos y Contabilidad, Francisco Díaz Leal y Rafael Azuela; Geología General y Paleontología, Teodoro Flores; Turbinas de Vapor, Carlos Hohmann; Preparación Mecánica de los Minerales, Constantino Pérez Duarte; Procedimientos de Cálculo, Presupuesto y Avalúo, Luis G. Valdés; Astronomía Práctica, Ricardo Toscano; Proyectos de Elementos de Máquinas y Transmisiones, Carlos Hohmann; Alumbrado Eléctrico y Fotometría, Gregorio Solís; Gimnasia, Santiago Mac Gregor; Esgrima, Rafael David.[448]

Varios de estos catedráticos se desempeñaban también en la Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, como Carlos Luca, Rudolf Peter, Alberto Barocio, Carlos Hohmann y Daniel Olmedo. En el fondo, a lo que apunta este hecho es a un determinado grado de maduración que habían alcanzado las carreras nuevas que ofrecía la Universidad Nacional, y que permitía ya una incipiente dinámica expansiva. No era el caso de los ingenieros civiles, cuya presencia en el ámbito nacional ya se había consolidado de tiempo atrás.[449]

Se trata de una planta docente altamente especializada, integrada en su mayoría por egresados de la misma escuela. No existe aún, como puede observarse, la figura de profesor de tiempo completo o de carrera, pues casi ninguno de ellos tenía la docencia como actividad principal, y más bien eran profesionistas de reconocido prestigio en sus respectivos campos que desempeñaban en la Escuela una media de seis horas semanales de docencia. De hecho, la posibilidad

448 Información tomada de "Lista del Profesorado de la Facultad Nacional de Ingeniería. 1922", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, Personal Académico y Administrativo, 12, exp. 197.

449 En el anexo II se puede consultar una relación completa del personal por nombramiento, asignatura y grupo por semana durante el año 1939.

de atender varios grupos o cátedras era una medida reciente y claramente no formaba parte de la política tradicional de contratación del plantel:

> Se autoriza a esa Secretaría [Educación Pública] para que en el curso del presente año [1925] y en consideración a la escasez de profesores competentes para las materias de enseñanza especiales en la Facultad de Ingeniería, permita a los que juzgue acreedores por sus méritos a esa distinción, de acuerdo con el C. Director [*sic*] de la Universidad Nacional, que profesen hasta cinco cátedras, siempre que se trate de personas dedicadas exclusivamente a la enseñanza y que la remuneración total que perciban no exceda de treinta pesos diarios.[450]

Con excepción de dos preparadoras que se desempeñaban en los laboratorios, todo el personal académico de la Escuela era masculino.

Además de materializar los contenidos efectivos de cada asignatura, los profesores elegían, con aprobación del Consejo, los libros de texto en que habrían de apoyar la cátedra. Primero fueron textos únicos y más adelante fueron diversificándose como obras de consulta. Otro proceso que se constata es el relativo a que había una cada vez mayor participación de libros escritos por los propios profesores.

Obviamente, los textos elegidos —con mayor razón al principio del periodo— dan cuenta de los contenidos de cada curso. De ahí que sea interesante observar la relación de ellos, cuando aún estaba lejos el momento de emplear varios textos para una sola asignatura. Esta relación fue cambiando con lentitud, y se puede observar que el cambio de parámetro en este recurso didáctico coincide con la etapa en que se inicia el despegue de la ingeniería mexicana.

La lista de textos para el año escolar de 1912 era la siguiente: Matemáticas Superiores.- *Mathématique,* por Georges Dariés; obras de consulta: *Álgebra superior*, por Lefébure de Fourcy; *Geometría analítica*, por Sonnet y Frontera; *Elementos de cálculo infinitesimal*,

450 "Acuerdo a la Secretaría de Educación Pública. El Presidente de la República. 21 de abril 1925", AGN, Obregón-Calles, caja 54, exp. 121- E-I-9.

por Manuel Torres Torija. Topografía e Hidrografía.- *Topografía*, por Francisco Díaz Covarrubias; *A Treatise on surveying* (agrimensura), por Johnson. *Apuntes de hidrografía*, por J. Pedrero y Córdova. Geometría Descriptiva.- *Geometría descriptiva,* por José Antonio Elizalde. Mecánica Analítica.- *Technical mechanics*, por Maurer. Física Matemática.- *Premiers principes d'électricité industrielle*, por P. Janet. *Dynamo-Electric machinery and alternating currents*, por Sheldon y Howard Mason. Estereotomía, Carpintería y Estructuras de Hierro.- *Traité de stéréotomie*, por A. Leroy; *Skeleton construction in buildings*, por Birkmire; *The architect's and builder's pocket book*, por F. E. Kidder; Economía Política y Elementos de Derecho.- *Economía política*, por Paul Beauregard. Vías de Comunicación Terrestres.- *Roads and pavements*, por Spalding; *Railroad construction*, por Loring Webb; *Bridge design*, por Merriman. Mineralogía, Geología y Paleontología.- *Text book of miner mineralogy*, por Eduard Dana; *Petrology for students*, por Harker; *Elements of geology*, por Joseph Leconte; *Paleontology of invertebrates*, por Henry Woods. Metalurgia.- *Principles of metalurgy*, por Hiorns; *Handbook of metalurgy*, por Schnabel; *Iron and steel*, por Hiorns. Explotación de Minas.- *Explotación de minas*, por Luis Carrión. Análisis Químico y Docimasia.- *Análisis químico*, por C. Fresenius. *Notes on assaying*, por Ricketts. Estabilidad de las Construcciones.- *Estabilidad de las construcciones*, por P. Planat; *Cemento armado*, por C. Kersten. Aplicaciones de la Electricidad.- *Aplicaciones de la electricidad*, por Erick Gérard. Hidráulica y sus Aplicaciones.- *Tratado de hidráulica e ingeniería sanitaria,* por Mansfield Merriman; *A treatise on hydraulics*, por Henry T. Bovey; y como obras de consulta: *Principes élementaires de l´establissment des turbenes hydrauliques*, por Ch. de Keyser; *Proyecto de desagüe y saneamiento de la ciudad de México,* por Roberto Gayol; *Experiences nouvelles sur l´écoulement en déversor,* por M. Basin; *Hidraulique*, por Flamand y *Les turbo machines,* por M. Bateau.[451]

451 "Lista de textos de la Escuela N. de Ingenieros para el año escolar de 1912", *BIP*, XIX, 7, junio, 1912, pp. 1058-1059.

Un somero análisis de las obras empleadas en la educación de los ingenieros pone de manifiesto diversos elementos que eran definitorios en el perfil formativo de estos profesionales. Por principio de cuentas, es clara la división de autores entre franceses y sajones; los textos seleccionados de unos y otros muestran asimismo que los primeros —en términos generales— fueron elegidos para las asignaturas básicas del tronco común. Es el caso del texto de Dariés, publicado en París en 1896.[452] Esta obra tuvo gran influencia entre los constructores franceses y, aun cuando fue empleada como base para la cátedra de Matemáticas Superiores, la intención del propio autor fue la de "poner a disposición las nociones indispensables de matemáticas para la comprensión y aplicación de fórmulas de hidráulica y de resistencia de materiales".[453]

Otro de los libros de consulta, y en el cual se apoyó el de Dariés para la parte dedicada a Geometría Analítica, era el de H. Sonnet y G. Frontera, *Éléments de géométrie analytique. Rédigés conformément au programme d'admission á l'Ecole Polytechnique et á l'Ecole Normale Supérieure,* publicado también en París y que ya en 1904 iba en su décima edición, lo que pone de relieve el apego a la tradición francesa en estos campos. No así en los que se referían a cuestiones prácticas de construcción, en donde el predominio de los textos elegidos correspondía a autores norteamericanos, como fue el caso del trabajo de Frank Eugene Kidder, empleado a la vez como libro de consulta y libro de texto.[454] Por su parte, la relación de autores nacionales se reducía a los trabajos publicados por Manuel Torres Torija, Francisco Díaz Covarrubias, José Antonio Elizalde, J. Pedrero y Córdova, Luis Carrión y desde luego Roberto Gayol, con su obra sobre el *Proyecto de desagüe*. Una biblioteca especializada complementaba la producción escrita para disposición de los estudiantes; en un informe elaborado por la dirección del plantel para el ciclo 1911-1912 se dejó constancia de lo siguiente: "se ha seguido dotando a la Biblioteca de

452 G. Dariés, *Mathématique*.

453 *Ibidem*, p. 1.

454 Me refiero al *Manual del arquitecto y del constructor*. Este texto fue tan popular que se siguió usando no sólo durante años, sino prácticamente durante toda la primera mitad del siglo XX, con sucesivas ediciones corregidas y aumentadas.

la Escuela de todas las obras más recientes sobre asuntos de Ingeniería, y se han seguido recibiendo publicaciones científicas americanas y francesas".[455] La cantidad entonces recibida fue de 103 obras.

La lista de textos para el ciclo escolar de 1915 se conservó exactamente igual,[456] lo mismo que el plan de estudios para el que estaban dispuestos. Sin embargo, en octubre de ese mismo año la dirección del plantel en compañía del colegio de profesores suscribió un documento en contra de la uniformidad en el plan de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria, por considerar que resultaba deficiente para los alumnos que ingresaban a la de ingenieros:

> La carrera del Ingeniero se funda sobre la Física y las Matemáticas, de tal manera que una persona cuyos conocimientos en estas materias sean deficientes no podrá pasar de mediano ingeniero. [...] Esto sentado, como no puede exigirse a los que sigan las carreras de Médico, Abogado, que estudien bastante de aquellas materias, ha habido la necesidad en la Escuela Nacional Preparatoria de reducir la extensión de los conocimientos en Matemáticas y en Física, lo cual es deficiente a todas luces para los alumnos de Ingeniería, y el mal se agrava por el hecho de que el alumno pasa dos o tres años antes de entrar a la Escuela de Ingenieros, sin estudiar Matemáticas y así llega naturalmente habiendo olvidado lo poco que de aquéllas aprendiera.[457]

La propuesta indicaba la necesidad de que todos los años "se estudie algo de Matemáticas y es ventajoso que el estudio de la Física se haga en dos cursos anuales".[458] La iniciativa no prosperó entonces y en consecuencia se continuó reforzando los cursos de matemáticas, pero sólo en el nivel superior.

La elección de un libro de texto para cada una de las asignaturas de la carrera fue un procedimiento que prevaleció en las ma-

455 "Reseña de los trabajos llevados a cabo durante el año escolar de 1911 a 1912 en la Escuela N. de Ingenieros", art. cit., p. 957.

456 "Lista de textos para el año escolar de 1915", AHPM, 1915-II-332, exp. 7.

457 "Observaciones Generales", AHPM, 1915-II-332, exp. 7.

458 *Loc. cit.*

neras de ejercer la enseñanza casi hasta mediados de siglo, cuando se comenzaron a diversificar los materiales de lectura. Este cambio tuvo su origen en el incremento de la complejidad teórica y técnica de los contenidos profesionales, así como en la propia evolución de las concepciones pedagógicas. Como indicaba un comentario de la dirección del plante en 1928 "por una parte las obras técnicas de ingeniería envejecen muy pronto y hay que renovarlas frecuentemente y por otra son muchas las publicaciones nuevas que aparecen continuamente en el mercado".[459] La oferta cada vez más amplia de literatura especializada elaborada por autores extranjeros y nacionales constituyó un factor que vino a sumarse a los anteriores para ir abandonando la costumbre de apoyar la cátedra en un único título.

> Uno de los problemas fundamentales de la enseñanza es el de los libros de texto. Hay cátedras en que no es posible obtener un texto que sirva realmente a las necesidades de los profesores y los estudiantes. Por otra parte, se discute en todos los centros de enseñanza importantes del mundo la conveniencia del estudio realizado solamente en una obra y la necesidad de que haya varias de consulta para informar al escolar del desarrollo amplio de la materia que trabaja.[460]

Esta circular, turnada por el rector Roberto Medellín en junio de 1933, concluía con la pregunta siguiente: "¿sería conveniente la abolición del libro único de texto para sustituirlo por varios de consulta?".[461]

Poco antes de que el rector externara esa preocupación, y frente a la clara inoperancia del empleo de un único título por asignatura, se había ensayado en la Universidad un procedimiento que pronto sería abandonado: comisionar a taquígrafos para reproducir por escrito diversas cátedras y proporcionar a los alumnos apuntes de primera mano. Tal recurso dio lugar a que se discriminara la consulta

459 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", doc. cit., p. 12.

460 "Circular # 56. A los Señores Directores. 1 de junio 1933", *Universidad de México*, VI, 31-32, mayo-junio, 1933, p. 127.

461 *Ibidem*, p. 128.

de otras fuentes y por tal motivo se descartó, iniciando así una nueva concepción acerca del papel del libro de texto.

La adquisición del libro de texto era responsabilidad del estudiante, si bien podía consultarlo en la biblioteca del plantel. En 1926 se estableció una sociedad cooperativa por parte de los alumnos para la adquisición directa de sus textos de estudio a precios más accesibles.

Complementando la función de los textos elegidos para la docencia, la escuela procuró desde un principio dotar una biblioteca para consultas de los alumnos y de cualquier persona interesada, pues el servicio era abierto. Los lectores mensuales en dicha biblioteca a finales de 1927 ascendían a 465. "Se han ido dotando paulatinamente con nuevas adquisiciones [...] la Biblioteca, cuyo caudal de libros y revistas presta servicios no sólo a profesores y alumnos, sino a los profesionistas de la ingeniería que han salido ya de sus aulas."[462] En 1928 se gestionó la adquisición de la biblioteca particular de uno de los profesores más insignes del plantel, la del ingeniero Antonio M. Anza.[463] No obstante esos progresos en los acervos bibliográficos, las autoridades del plantel los consideraban insuficientes: "Esto no será bastante para resolver el problema consistente en poner a disposición de los alumnos las obras modernas sobre asuntos técnicos de ingeniería, porque la adquisición de ellas requiere cantidades que superan con mucho a las que para ese objeto ha podido destinar la Universidad Nacional."[464] En febrero de 1933 se recibían 59 catálogos o revistas de Estados Unidos; 21 mexicanas; 59 de Europa y 13 de Centro y Sudamérica. El número de lectores fue superior a dos mil.

En 1927 se creó el Departamento de Catálogos y Revistas Técnicas, en vista de la utilidad de los servicios que prestó en despachos particulares por espacio de varios años. Son indiscutibles las ventajas que esos servicios tenían para el ingeniero y,

462 "Informe semestral de la Escuela N. de Ingenieros. 13 de julio 1921", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, Estadísticas de Títulos Profesionales, 11, exp. 174.

463 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", doc. cit., p. 11.

464 *Ibidem*, p. 12.

en general, para todos aquellos interesados en los adelantos de las industrias que se hallaban al servicio de los ingenieros en los catálogos para entonces modernos. La fundación se llevó a cabo con unos tres mil catálogos cedidos a la Facultad de Ingeniería por su actual director (Cuevas) y en el transcurso de seis meses dicho contingente se ha enriquecido hasta completar unos 10 mil volúmenes enviados

> *galantemente por los productores de Alemania, Bélgica, Francia, Holanda, Inglaterra, Italia, Suiza y los EU.* Secciones: Aparatos e Instrumentos para Topografía; Alambres y cables; Calefacción, refrigeración; Cerrajería; Construcciones metálicas; Chimeneas; Electricidad; Ferrocarriles; Grúas, elevadores, montacargas, transportadores mecánicos; Herramientas; Maquinaria agrícola; Máquinas para ensaye e instrumentos de medición; Maquinaria hidráulica; máquinas herramientas; Maquinaria para caminos, canales y puertos; Maquinaria para perforar pozos; Máquinas y calderas de vapor; Máquinas y herramientas neumáticas; máquinas y materiales para concreto; maquinaria y materiales para minas; Plomería sanitaria; Puertas y ventanas; Rejas y alambrados; Tanques; Tubería; Válvulas y compuertas; Ventilación. El Departamento además cuenta con catálogos de instituciones educativas de los países anteriormente citados y de centro y Sudamérica. Y principales librerías que editan libros de Ingeniería. Revistas técnicas: se reciben actualmente algunas de las mejores en ingeniería. Ej: *The Engineering* Inglaterra; *Le Génie civil* Francia; *Ingeniería y construcción*, España; *Ingeniería*, Italia; *El progreso de la ingeniería*, Alemania; *Engineering News Record*, *American Machinist*, *Power*, *The General Electric Review*, *Ingeniería Internacional*, EU. Este Departamento atenderá con gusto la administración de copias de artículos, tablas, ilustraciones, especificaciones, contenidos tanto en los catálogos como en las revistas.[465]

465 "Departamento de Catálogos y Revistas Técnicas de la Facultad Nacional de Ingenieros", *Ingeniería*, agosto, 1927, I, 1, p. 35. Las cursivas son mías.

Las asociaciones gremiales

Como en el caso de otras profesiones liberales, los ingenieros mexicanos se agruparon en asociaciones de carácter gremial. Tales asociaciones cumplieron diversas funciones que en muchos sentidos fueron semejantes a sus contrapartes con mayor tradición en Europa y en Estados Unidos; pero en otros sentidos no. Acaso la diferencia fundamental entre unas y otras se derive del tipo específico de incorporación al capitalismo y del papel activo e indispensable del Estado en el caso mexicano. Un estudio ya clásico, *Las profesiones y el Estado: el caso de México,* de Peter S. Cleaves, sostiene que, en una perspectiva histórica, el desarrollo de las profesiones en el viejo continente estuvo ligado a los gremios y a las corporaciones y antecedió a la consolidación del Estado nacional. Por esa razón pudieron gozar de una considerable autonomía para mantener las normas técnicas y controlar el empleo respectivo.[466] Por el contrario, la consolidación del Estado moderno en México después de la Revolución de 1910 excluyó toda pretensión por parte de médicos, abogados e ingenieros de establecer agrupaciones profesionales independientes, sin ninguna autoridad para mantener el nivel de competencia o certificar el grado de calificación profesional.[467] Asimismo, su función en la definición del nuevo proyecto nacional estuvo severamente acotada y supeditada, de hecho, a las directrices fijadas por el Estado. Los ingenieros se convirtieron en actores políticos sólo después de que el Estado incorporó sus actividades al proyecto nacional y, en todo caso, ese papel quedó supeditado a la acción oficial.

Fueron los discípulos del doctor Cavallari los que fundaron el 24 de enero de 1868 la más importante de las agrupaciones profesionales de la época: la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. De acuerdo con su concepción original, congregó a 52 socios provenientes exclusivamente de las carreras de Ingeniería Civil y Arquitectura, acompañados del título respectivo.[468] En 1876 fueron

466 P. S. Cleaves, *op. cit.,* p. 20.

467 *Ibidem*, p. 27.

468 M. F. Álvarez, *Recuerdo histórico de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos en el aniversario de su fundación*, p. 25.

reformados los estatutos, y se acordó abrir la admisión a las diversas ramas de la ingeniería. Las bases constitutivas de la asociación constaron de 38 artículos y cuatro transitorios, que se resumen en los siguientes puntos: a) profesiones que deben ejercer las personas que la constituyan, previo el respectivo título; b) honorabilidad requerida de los socios y definición de causales de separación y expulsión; c) estudios que deben aportar los socios y criterios de publicación; d) apoyo mutuo, y e) mecanismos de reforma a los estatutos.[469] El sitio de las reuniones fue primero el Hotel del Progreso, después el local del Banco de Londres y México y el Hospital de Terceros (Dirección General de Correos). La meta principal fue la de "procurar el adelanto de las profesiones y en general del país".[470]

En la práctica, el organismo impulsó la ocupación lucrativa de sus miembros, la actualización de sus conocimientos y la divulgación de sus trabajos por medio de una publicación especializada: los *Anales*. Al carecer de subsidios oficiales, el financiamiento corrió a cargo de las aportaciones de los miembros; en un principio fueron estipuladas cantidades de 10 pesos de inscripción y dos pesos mensuales, además de donativos. Más adelante esas cuotas se redujeron a tres pesos por el primer concepto y a uno por el segundo. Resulta interesante observar el tipo de relación que existía entre la asociación y el gobierno de Díaz, pues aun cuando los grandes contratos del porfiriato fueron concedidos a contratistas extranjeros, ello no implicaba un desconocimiento ni de la capacidad técnica de sus agremiados, ni una merma del prestigio social del que gozaban los ingenieros en la sociedad mexicana y en la administración pública; pero, en cualquier caso, la creación de ese organismo, su prestigio y las actividades que emprendía como tal fueron siempre por cuenta propia y con recursos propios, muy ajenas a cualquier forma de patrocinio oficial. No fue sino hasta bien entrado el siglo XX, con la serie de cambios en materia de obra pública, que los profesionistas congregados en asociaciones comenzaron a asumir una función protagónica en la esfera de lo político.

469 *Ibidem*, p. 26.

470 *Loc. cit.*.

Escaso impacto tuvo la Revolución en el devenir de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México; en 1918 la asociación contaba ya con 373 socios de distintas especialidades: 161 ingenieros civiles, 96 topógrafos, 68 arquitectos, 64 ingenieros en minas, 8 geógrafos, 4 agrónomos, 3 electricistas, 3 ingenieros militares, 2 mecánicos y 1 de montes. La Mesa Directiva de entonces estuvo integrada así: presidente, ingeniero Antonio Torres Torija; vicepresidente, ingeniero Norberto Domínguez; secretario, ingeniero Domingo Díez; segundo secretario, arquitecto Luis Manguito; tesorero, arquitecto Carlos Lazo; subsecretario, arquitecto José Gómez Echeverría; Gran Comisión, ingeniero Bartolo Vergara, ingeniero Ricardo López Guerrero, ingeniero Miguel Ángel de Quevedo, arquitecto Luis Cuevas y arquitecto Luis G. Olvera. La organización, eminentemente porfiriana, sobrevivió a la Revolución, pero no logró incorporarse a las nuevas premisas emanadas de ésta y mantuvo en muchos sentidos una existencia marginal, si bien varios de sus miembros se ubicaron en posiciones de gran influencia.

Desde luego el proceso de consolidación de un proyecto basado en el desarrollo de la infraestructura en México, auspiciado y alentado por el Estado, se vio acompañado de otro proceso de diversificación y descentralización de las organizaciones gremiales de los ingenieros, y aparecieron agrupaciones de ese tipo en otras ciudades importantes de la República. Tal es el caso de Guadalajara, en donde a comienzos de 1924 se fundó el Centro de Ingenieros de Jalisco, con el perfil que a continuación se expone:

> Esta sociedad tendrá como objeto: acercar socialmente a los ingenieros y personas relacionadas con ellos; dar protección a sus miembros ingenieros, procurándoles trabajo, apoyándolos contra personas o empresas no honorables, estableciendo aranceles, constituyendo con donativos o legados un Fondo de Auxilios de Urgencia y estableciendo Cajas de Ahorros y Seguros de Vida; dictar los principios de moralidad profesional a que deban sujetarse todo sus miembros; tratar de elevar el rango del ingeniero en la sociedad; trabajar para que los empleados técnicos de las Oficinas Públicas, en el ramo de ingeniería, sean personas debidamente capacitadas; trabajar para que las universidades del

país, acepten las ideas de esta Sociedad en lo relativo a estudios, prácticas, títulos, etc., de alumnos de facultad de Ingeniería y otros análogos; siempre que la utilidad pública lo pida, trabajar ante el Gobierno para que en todo el país se lleven a cabo obras de ingeniería que tengan por objeto aumentar la riqueza, mejorar las condiciones higiénicas o embellecer nuestras ciudades; etc.[471]

Estas organizaciones no sólo estaban rompiendo el virtual monopolio del más antiguo de los grupos, sino que estaban cobrando un papel sustancialmente distinto, al ir ocupando posiciones activas dentro de la gestión nacional, con cuotas mucho mayores de influencia y hasta de decisión.

Lo propio ocurriría poco después en la ciudad de Monterrey, de lo cual dio fe otra nota de prensa de la misma ciudad:

A las diecinueve horas de antier y en el local que ocupa la Cámara Nacional de Comercio tuvo lugar la sesión ordinaria de la agrupación denominada Centro de Ingenieros, la cual se halla constituida por la mayor parte de los ingenieros residentes en esta ciudad. […] Se procedió a la elección de gerentes y hecho el cómputo resultó triunfante por minoría la siguiente plantilla: Gerentes, Sres. Ingenieros Luis Ugarte, Alberto Lancáster Jones, Hiram S. Foley, Luis P. Ballesteros y Alfredo Alvarado y para Vocales, los Sres. Ingenieros Luis Urbina, Arnulfo Villaseñor, Antonio Aldrete, Salvador Ulloa y Juan José Barragán, siendo tesorero el Sr, José Garibay.[472]

Estas organizaciones gremiales estaban siguiendo el modelo impuesto unos años antes por el Centro de Ingenieros, fundado en la ciudad de México en 1918. Este centro, al igual que sus homólogos en Guadalajara y Monterrey, constituyó y representó una nueva concepción del papel social del ingeniero, que se ubicó ya no como simple profesional en defensa de su propio trabajo, sino como un actor político con participación en la toma de decisiones más allá de

471 "Centro de Ingenieros de Jalisco. Bases constitutivas", *El Porvenir*, 17 de enero, 1924, pp. 3 y 5.

472 "La sesión de ayer en el Centro de Ingenieros", *El Porvenir*, 20 de enero, 1925, p. 4.

su especialidad. No cabe duda de que semejante perfil obedeció no sólo al ímpetu gremial de los afiliados, sino principalmente al papel estratégico que asumió el desarrollo de la infraestructura en el país, así como a la vertiente nacionalista del modelo.

La nota de la fundación de este Centro de Ingenieros, en la versión de un diario local, es la siguiente:

> Han circulado numerosos folletos impresos que contienen los estatutos y dan idea del objeto de esta nueva sociedad, formada entre los jóvenes ingenieros de esta Ciudad y sus antiguos maestros. Esta asociación de carácter científico procura el acercamiento entre los socios y el mejoramiento y elevación social del ingeniero. Los socios propietarios en número de 200 han suscrito desde luego capital por $10 000.00 para la fundación del Centro, el que contará con lugares de recreo, biblioteca, salones de estudio y de dibujo y se dará a los socios toda clase de facilidades para el desempeño de su profesión. Últimamente se nombró la Mesa Directiva en la que entran elementos prestigiados y ventajosamente conocidos en nuestros círculos sociales. Es presidente el ingeniero Lorenzo L. Hernández; Secretario, ingeniero Francisco Cravioto G; Vocales; 1° ingeniero Fortunato Dosal; 2° ingeniero Ignacio López Bancalart; 3° ingeniero Alfonso Castelló; 4° ingeniero Alejandro Méndez; 5°, ingeniero León Salinas; 6°, ingeniero Francisco Díaz Leal; Comisario, ingeniero Miguel Á. Quevedo.[473]

Fue la misma Escuela Nacional de Ingenieros la cuna del nuevo organismo, pues reunió a egresados del plantel entre 1900 y 1912; el número de asociados en las fechas previas a la fundación era de 170 ingenieros, y la idea era incluir hombres de negocios y compañías relacionadas con la construcción. La solemne inauguración tuvo lugar el 8 de junio de 1918 en las instalaciones propiedad de esta asociación, en el edificio La Mexicana, en el callejón de Cinco de Mayo.[474]

De la perspectiva en la que se desempeñó el Centro de Ingenieros, como portavoz del gremio en su conjunto, daba fe una elocuente

473 "El Centro de Ingenieros", *El Pueblo*, 18 de abril, 1918, p. 8.

474 "Banquete con motivo de la inauguración del Centro de Ingenieros", *El Pueblo*, 9 de junio, 1918, p. 7.

nota periodística publicada a cuatro años de la fundación del organismo:

> Los ingenieros de México han adquirido cierta importancia hasta últimas fechas. Si es cierto que los ingenieros mineros fueron distinguidos profesionistas desde la época colonial y el Colegio de Minería data desde entonces, en cambio el verdadero desarrollo de la ingeniería civil es moderno. Por su misma educación y por la clase de sus trabajos, el ingeniero mexicano no ha representado el papel social que le corresponde. El ingeniero es poco cortesano, es más bien rudo, y como está en más contacto con el trabajo que otros profesionistas, se le considera como un artesano y nada más, algo más que un albañil. En México, repetimos sólo hasta últimas fechas se comenzó a dar importancia al Ingeniero, y a él corresponde conquistar el papel social que debe tener un modo definitivo. El Centro de Ingenieros es producto de esta nueva manifestación y pronto prosperó inusitadamente. Tiene cuatro años de vida y lo menos quinientos socios activos. Ha hecho mucho, porque ha logrado ligar a los ingenieros, obligándolos a la cooperación, virtud tan poco mexicana, pero, es preciso que ahora tienda la mirada hacia delante y no se inmovilice bajo la garra del conservadurismo, vegetando como un club cualquiera. […] Los ingenieros deben ser factor principal en los negocios sociales de la Nación. No queremos referirnos a las farsas de la politiquería. Queremos indicar que el ingeniero mexicano debe influir de hoy en delante de un modo efectivo en el orden administrativo y de reconstrucción, para lo cual debe el mismo fortalecerse con una orientación definida. El Centro de Ingenieros no debe ser una sociedad mutualista solamente. No debe limitarse a estudiar aranceles para que se les pague mejor a sus miembros. Su papel debe ser más elevado. La nación ha gastado mucho dinero educando a los ingenieros y ellos tienen la obligación de cumplir ante la sociedad.[475]

En efecto, el desempeño de los ingenieros, a cargo de una parte importante de la fisonomía del México posrevolucionario, ayudó sin duda a la emergencia y consolidación de nuevos grupos de poder, pero también ellos mismos se posicionaron en esta perspectiva, yen-

475 "El Centro de Ingenieros como fuerza social", *El Hombre*, I, 22, 5 de marzo, 1922, pp. 7, 20 y 23.

do más allá del papel protagónico que el nuevo orden les confirió, para procurar abrirse camino dentro de las facciones hegemónicas del país, en usufructo precisamente de la función estratégica que estaban desempeñando.[476] Hay que considerar, asimismo, que una nueva generación de profesionistas se encontraba perfilando un horizonte más ambicioso que el de sus predecesores, herederos todavía de la inercia porfiriana. Las nuevas condiciones del Estado les permitieron ir ocupando posiciones como visionarios del papel que pronto desempeñaría el gremio. Como afirma un estudio, "en los años veinte la participación de los jóvenes ingenieros mexicanos en el asesoramiento, planeación e instrumentación del proyecto industrializador fue muy importante. Sus esfuerzos se concentraron en el Cuerpo de Ingenieros Inspectores; en la Comisión Técnica sobre la Nacionalización del Petróleo y en la Comisión Nacional de Fuerza Motriz".[477]

Resultan por demás significativos en este sentido los pronunciamientos vertidos durante la Segunda Convención Nacional de Ingenieros en septiembre de 1923, porque traslucen la manera en que los ingenieros situaban su actividad en consonancia con la posición oficial; los votos resolutivos de dicha convención se refirieron a la participación en construcción de carreteras y obras de riego, con las siguientes expectativas: "[la Convención Nacional de Ingenieros] estima que es de trabajarse en la forma que se juzgue más eficaz, por lograr que la legislación de caminos y los procedimientos que de ella se deriven, tiendan a proteger la iniciativa privada en la construcción de este sistema de comunicaciones".[478] Y sobre lo segundo:

476 P. Bourdieu describió de la siguiente manera este fenómeno, aplicable al caso de los ingenieros mexicanos en ese periodo: "a cada posición típica de la relación entre fracción dominada-dominante y fracción dominante corresponden categorías de agentes con diversos tipos de gratificación económica y simbólica, según la relación entre categoría y mercado. Ahora bien, estos parámetros definen en qué grado, objetivamente, la pertenencia de los intelectuales a la clase dominante está más acentuada que su exclusión y viceversa". *Campo de poder y campo intelectual*, p. 24.

477 Colegio de Ingenieros Civiles de México, *La ingeniería civil mexicana. Un encuentro con la historia*, p. 150.

478 "Votos resolutivos de la 2ª Convención Nacional de Ingenieros", *Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*, México, 1, 8, 15 de octubre, 1923, p. 467.

> [La Convención considera necesarias:] —seguridad para los capitales que se inviertan en obras de riego, tanto en lo concerniente a la posesión de la tierra, como al uso de las aguas;— facilidades fiscales, otorgamiento de subvenciones y en general todas las ventajas posibles a las empresas particulares que emprendan obras de riego, atendiendo a que los negocios de esta índole son poco remunerativos cuando se trata servir a la mediana y pequeña propiedad.[479]

El Centro de Ingenieros se convirtió en órgano de consulta para diversas iniciativas, tanto oficiales como académicas. Los festejos para la toma de posesión de Obregón como presidente de la República, por ejemplo, fueron organizados por el Centro y por la Confederación de Cámaras Industriales,[480] y dieron muestra de la conformación de un nuevo "bloque hegemónico", en palabras de Gramsci. El radio de intervención del organismo pronto abarcó asuntos de política pública dentro de su esfera de competencia. En una nota de prensa de agosto de 1920 se observaba:

> hondamente preocupado con el problema de las casas ha resuelto abrir un concurso para premiar al mejor modelo de *casa popular* que se presente, exigiendo que esa casa sea propia para obreros decentes [*sic*], para empleados, para gente de clase media. […] Las casas para esta clase de inquilinos en la actualidad son pésimas [y los ingenieros] hacen graves cargos a los arquitectos por esas *pichoneras* obscuras y apretadas, antihigiénicas y sin comodidades ningunas, donde falta cuarto para criados y otras cosas indispensables hoy en día en las casas modernas.[481]

En el afán de consolidarse y extender sus actividades a toda la República, el Centro acordó transformarse en centro nacional. Tal decisión fue adoptada durante la primera y la segunda convenciones nacionales de ingenieros, auspiciadas y promovidas por el propio

479 *Ibidem*, p. 470.

480 "Los festejos con motivo de la toma de posesión del nuevo Presidente de la República", *El Informador*, 18 de noviembre, 1920, p. 1.

481 "La casa popular", *El Informador*, 16 de agosto, 1920, p. 3.

Centro en 1922 en el Distrito Federal, y en 1923 en Monterrey, respectivamente. Hasta entonces, la organización tenía poca presencia fuera de esas dos ciudades, Tampico y Guadalajara, y la difusión de sus actividades en la prensa solía reducirse a la nota social.[482] Con una nueva perspectiva, el ahora Centro Nacional de Ingenieros se propuso aglutinar a los profesionales del ramo para fortalecer una presencia dinámica:

> Penetrado el Centro N. de Ingenieros del importante papel social que está llamado a desempeñar, de la trascendencia de la labor que ha de desarrollar, es necesario que incansablemente y por cuantos medios estén a su disposición, haga un llamado a todos nuestros compañeros de profesión, diseminados por la República, con lo cual podrá engrandecerse y laborar por el bienestar de nuestra clase, laborando al mismo tiempo por la prosperidad y progreso de nuestra desventurada Patria.[483]

Dentro de sus objetivos estuvieron los de "dar protección a sus miembros Ingenieros, procurándoles trabajo, apoyándolos contra personas o empresas no honorables, estableciendo aranceles, constituyendo un Fondo de Auxilio de Urgencia y estableciendo Cajas de Ahorros y Seguro de Vida".[484] Las funciones hacia el exterior incluyeron

> trabajar para que los empleados técnicos de las oficinas públicas, en el ramo de la ingeniería, sean personas debidamente capacitadas; trabajar porque las universidades del país acepten las ideas de esta Sociedad, en lo relativo a estudios, prácticas, títulos, etc.; siempre que la utilidad pública lo pida, trabajar ante el Gobierno para que en todo el país se lleven a cabo obras de ingeniería que tengan por objeto aumentar la riqueza, mejorar las condiciones higiénicas o embellecer nuestras ciudades.[485]

482 L. Hernández, "Actividades del Centro Nacional de Ingenieros", *RMIA*, México, II, 1, 15 de enero, 1924, p. II.

483 *Ibidem*, p. V.

484 "Centro Nacional de Ingenieros. Sociedad Cooperativa Limitada", *RMIA*, II, 1, 15 de enero, 1924, p. VII.

485 *Loc. cit*.

Incluso llegó el Centro Nacional de Ingenieros a tener un papel decisivo en cuanto a iniciativas de creación de nuevos planteles abocados a la ingeniería, como ocurrió a principios de 1932, cuando el Departamento de Enseñanza Técnica, Industrial y Comercial de la Secretaría de Educación Pública solicitó su opinión calificada para la elaboración de un plan de estudios para la Escuela Técnica de Constructores, iniciativa que el Centro rechazó por unanimidad bajo los siguientes argumentos: "La Escuela proyectada pretende crear una clase sub-profesional deficientemente preparada para el ejercicio de su carrera, que desalojaría al profesionista universitario, sin crear al obrero colaborador de éste, cuya existencia cada vez más se estima indispensable."[486] El dictamen concluye con una argumentación que retoma el asunto de la titulación no reglamentada:

> finalmente, la creación de estas nuevas carreras, la expedición de los certificados de estudios para los alumnos que no completen sus cursos, volverán en el futuro inmediato, extraordinariamente complicada y difícil la reglamentación del ejercicio profesional, dado que forzosamente en ésta habrán de tomarse en consideración los muy diversos grados de preparación que han precedido al otorgamiento de los respectivos certificados, diplomas o títulos profesionales.[487]

Así, después de mostrar su "enérgica oposición" al proyecto, sugirieron derivar el plan hacia la Escuela de Artes y Oficios para preparar

> obreros aptos, sobrestantes idóneos y competentes en organización y manejo de trabajos constructivos y maestros de obras eficientes, tanto en su preparación técnica como por su enseñanza escolar práctica, en la interpretación de planos, proyectos, especificaciones, etc. cuya formación habrá de dejarse, en todo caso, al profesionista universitario debidamente capacitado para hacerlo.[488]

486 "Al C. Secretario de Educación Pública. Oficio. Centro de Ingenieros. 4 de febrero 1932", AHUNAM, Universidad Nacional, Administración, 65, exp. 2272, p. 3.

487 *Ibidem*, pp. 3-4.

488 *Ibidem*, p. 6.

El dictamen fue remitido cinco días después al rector de la Universidad.[489]

En contraste con el perfil y la vocación política de sus colegas de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, el Centro de Ingenieros, bajo la dirección entonces de Ignacio López Bancalare, promovió una organización de cobertura nacional al convocar a una importante convención a mediados de 1922 que designó a un delegado en cada Estado e invitó a un representante de cualquier grupo de ingenieros para

> alejar de la técnica la discusión de los múltiples problemas de orden técnico a que da lugar la aplicación de la ciencia del ingeniero, para concretar su programa a la mayor coordinación de los factores de orden social que en el ejercicio de las actividades profesionales existen y sentar los principios de un sano y efectivo entendimiento entre todos los ingenieros mexicanos.[490]

La agenda a cubrir sería la siguiente: 1) función social del ingeniero en México y medios más adecuados para enaltecerla; 2) estudio de aranceles para el cobro de honorarios en los trabajos del ingeniero; 3) código de moralidad profesional; 4) proyecto de reglamentación del artículo 4° constitucional en lo que se refiere a la profesión de ingeniero; 5) programa de estudios para la educación integral del ingeniero en sus distintas especialidades, y 6) asuntos de interés general.[491] A partir de entonces, la acción coordinada entre las organizaciones fue permanente:

> A los miembros del Centro de Ingenieros, a los ingenieros de la ciudad y en general a todas las personas que se interesen por trabajos correspondientes al ramo de ingeniería, se les cita a una sesión que se verificará el jueves 27 del corriente a las 18 y media horas en el Local de la

489 Existía desde marzo de 1922 una Escuela Técnica de Maestros Constructores, que fue el antecedente de la ESIA cuando se fundó el Instituto Politécnico Nacional.

490 "Convocatoria para la Convención Nacional de Ingenieros Mexicanos", *El Informador*, 23 de julio, 1922, p. 3.

491 *Ibidem*, p. 5.

Escuela de Ingenieros. El Gerente General del Centro de Ingenieros, Sr. Sealtiel L. Alatriste, al traernos un mensaje de fraternidad de nuestros compañeros de México, disertará sobre la forma en que el Centro Nacional se propone realizar los fines de nuestra institución. Guadalajara, a 26 de mayo de 1926.[492]

Otro de los aspectos destacados y novedosos de la agrupación fue el intento de reivindicar el cúmulo de conocimientos obtenidos por los profesionales de esta rama, que se encontraban desaprovechados. De hecho, éste fue el dispositivo que fungió para transformarse, apenas unos meses después de su creación, de una especie de club, en una institución científica con orientación práctica. "Existen en carpeta un cúmulo de trabajos científicos que de llevarlos a la práctica, beneficiarían grandemente a la República, y el Centro se propone, en colectiva colaboración, irlos estudiando uno a uno y proponerlos para llevarlos a la práctica",[493] se decía en una nota de 1919. El perentorio llamado a una intervención más activa en el devenir de la sociedad estaba implicando una ruptura con la organización más antigua del gremio:

> Entre nosotros el gremio de ingenieros, que puede decirse que data de muy pocos años atrás, ha estado siempre desintegrado, falto de unión y sin una orientación definida en cuanto a su papel social. La mayor parte de los ingenieros, han creído que su papel es levantar un polígono, o hacer un puente, o trazar un camino, o construir una casa; pero en la conciencia de estos profesionistas no se ha fraguado todavía la responsabilidad social que tienen y la obligación que pesa sobre ellos, de comprender el problema en su conjunto es decir, que ellos son los obligados a sostener la bandera de la sana administración y que ellos, únicamente ellos, son los que más bien deben responder ante la sociedad sobre la administración eficiente que tanto estamos necesitando, pues que por eso el gobierno gasta el dinero del pueblo para educarlos y darles los conocimientos apropiados precisamente a ese respecto.[494]

492 "Citatoria", *El Informador*, 26 de mayo, 1926, p. 3. Éste es un ejemplo de los mecanismos de coordinación que se empezaron a usar entonces en el gremio.

493 "La irrigación del Valle de México en la estación lluviosa", *El Pueblo*, 28 de marzo, 1919, p. 1.

494 "La responsabilidad del Centro de Ingenieros", *El Hombre*, 1, 54, 15 de octubre, 1922, p. 1.

Durante la mencionada Convención Nacional —que fue la primera en su género— se propuso incluso la idea de formar un Instituto que reivindicara los conocimientos del gremio, los difundiera y los acrecentara, y aunque al parecer fue bastante aplaudida la iniciativa, fue entonces descartada.[495] De cualquier manera, y a partir de entonces, la celebración de Convenciones se constituyó en el mecanismo por excelencia para dar fuerza, cohesión y presencia a los ingenieros organizados gremialmente. La Segunda Convención Nacional de Ingenieros se celebró en la ciudad de Monterrey entre los días 9 y 20 de septiembre de 1923. Un simple repaso a los votos resolutivos del evento nos da una clara visión del abanico de asuntos que se estaba contemplando, así como del nivel de penetración social y política que se estaba consolidando:

> * Bases para la creación de un Centro Nacional de Ingenieros; *Código de Moralidad profesional; *Aranceles (se conservan los aranceles aprobados durante la Primera Convención Nacional); *Caminos comunes (por lograr que la legislación de caminos y los procedimientos que de ella se deriven tiendan a proteger la iniciativa privada en la construcción de este sistema de comunicaciones); *Ferrocarriles (no se consideró costeable la electrificación por no haber tráfico de intensidad suficiente) […]; *Navegación y Puertos (…estima que las repúblicas hispanoamericanas suscriban a prorrata el capital necesario para organizar un servicio regular de comunicación marítima entre ellas, así como un servicio de navegación aérea entre ellas) […]; *Puertos y Zonas Libres (la Segunda Convención Nacional de Ingenieros recomienda la difusión de la memoria que trata de los Puertos Libres, presentada por el señor ingeniero Modesto C. Rolland, pues que constituye un opúsculo de propaganda, en el cual el autor invita a buscar lucro para sus capitales, sobre la base de una legislación que positivamente les favorece) […]; *Obras de Riego: (seguridad para los capitales que se inviertan en obras de riego, tanto en lo concerniente a la posesión de la tierra como al uso de las aguas; facilidades fiscales, otorgamiento de subvenciones y en general todas las ventajas posibles, a las empresas o particulares) […]; *Minería (deben concederse especiales privilegios al

495 *Ibidem*, p. 2.

explotador); *Petróleo [...]; *Materiales de construcción (la Convención nombra una comisión formada por los señores Ings. José A. Cuevas, Ignacio Avilés y Ricardo Monges, la cual con carácter permanente trabajará por conseguir el abaratamiento del cemento y del fierro en la República, sobre las bases siguientes: 1) favoreciendo la formación de la Asociación Nacional de Fabricantes de Cemento y colaborando con ella en la propaganda de los usos del cemento, hecha exclusivamente con el fin de abaratarlo aumentando su consumo; 2) Procurando el establecimiento de una oficina de ensaye, cálculo y proyecto, al servicio de los constructores, y de los estudiantes de la industria y de las escuelas técnicas, donde se estudie el empleo del cemento y del fierro en construcciones de todo género, con el fin de abaratar el precio de ambos materiales aumentando su consumo mediante arbitrios apropiados para facilitar su empleo correcto. Dicha oficina será establecida mediante la cooperación de los fabricantes que estén dispuestos a prestar su contingente, con la cooperación del Gobierno y de las Escuelas interesadas en la enseñanza de las aplicaciones del cemento y del fierro a toda suerte de construcciones; procurando abaratamiento: fletes, envases, protección arancelaria.) [...]; *Administración Municipal (es conveniente desligar la parte técnica y económica de la administración municipal, de la influencia política; los ingenieros deben tener más ingerencia en la buena administración municipal); *El problema de la deforestación en México (es de estimularse entusiastamente el cumplimiento de los postulados de la Convención reunida en Washington el año de 1909, que se refiere a la conservación de los recursos forestales).[496]

Con la mediación de una Comisión Permanente para la organización de las convenciones nacionales, encabezada entonces por Miguel Á. de Quevedo, se planeó la Tercera Convención en Guadalajara.[497] Las convenciones fueron anuales y más adelante se procedió a estrechar lazos con asociaciones norteamericanas; aun cuando estos eventos contaban ya con antecedentes, el perfil del Centro de Ingenieros les imprimió un contenido más allá de lo estrictamente

496 "Votos resolutivos emitidos por la Segunda Convención Nacional de Ingenieros", *RMIA*, I, 8, 15 de octubre, 1923, pp. 466-475.

497 "La Tercera Convención Nacional de Ingenieros", *El Porvenir*, 25 de abril, 1925, p. 1.

técnico. Durante un encuentro entre ingenieros de Estados Unidos y sus colegas mexicanos, ocurrido a principios de junio de 1928 en la frontera norte, el ingeniero Lorenzo Pérez Castro se refirió a la unidad e identificación entre la comunidad de profesionales del ramo de la siguiente manera:

> Si para mí es de lo más grato encontrarme en una reunión de hombres cultos, lo es más aún cuando se trata de compañeros de profesión, puesto que además de los lazos de compañerismo, de la comunidad de recuerdos e impresiones y de los puntos de contacto en general que tienen los estudios y la vida práctica de los ingenieros, cualesquiera que sea su país de origen, su nacionalidad, su rama, su idioma, el lugar en el que ejecuten sus trabajos profesionales, etc., existe un lazo intelectual creado por la esencia misma de su profesión, más fuerte que todas las fuerzas que tienden a separarlo; una comunidad de orden moral que deriva de la sana manera como se ha aprendido a ver la vida; y un sentimiento inviolable de fraternidad que ha sido forjado por las rudezas y penalidades de su vida en contacto con la naturaleza, que elimina todas las miserias y bajezas del hombre para dejar puras y resplandecientes las más nobles inclinaciones del espíritu. Por eso es que cuando nos encontramos dos o más ingenieros, aunque vengamos de los más separados rincones de la tierra y jamás nos hayamos conocido anteriormente, nos saludamos efusivamente y nos abrazamos como hermanos.[498]

El ingeniero Pérez Castro fungió entonces como vicepresidente de la VI Convención Nacional de Ingenieros, celebrada en Ciudad Juárez, y transmitió el mismo discurso a los ingenieros norteamericanos que se reunían es esas mismas fechas al otro lado de la frontera, que celebraban la 14 Convención de la American Asociation of Engineers.

Desde luego, en esos foros estuvo presente la representación de la Escuela Nacional de Ingenieros: "La rectoría de la Universidad designó a José A. Cuevas, Constantino Pérez Duarte, Ignacio Avilés e Ignacio López Bancalari delegados de la Institución a la IV Conven-

498 *Trabajos presentados en la VI Convención Nacional de Ingenieros*, p. 442.

ción Nacional de Ingenieros a celebrarse en Torreón entre los días 13 y 20 de septiembre de 1925."[499]

Las relaciones entre las dos grandes asociaciones mexicanas se redujeron, en cambio, a eventos de carácter cultural, descartando en la práctica una acción conjunta de tipo político, como se ejemplifica en la siguiente nota:

> La Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México y el Centro Nacional de Ingenieros organizaron una velada, con la cooperación de la Rectoría, en memoria de los distinguidos ingenieros mexicanos don Antonio M. Anza y don Manuel Marroquín Rivera, el 4 del pasado mayo 1927 en el Salón de Actos del Palacio de Minería.[500]

Otro de los asuntos que mucho preocupó a los ingenieros y a sus respectivas asociaciones fue el de la regulación de su desempeño profesional. Una práctica bastante común, derivada de enormes vacíos en la legislación, permitía el ejercicio en estas disciplinas de personas no tituladas, que con la sola experiencia se encargaban de construcciones sin la debida acreditación universitaria. Aquí cabe señalar que no fue sino hasta mayo de 1945 que se promulgó en México una reglamentación para el ejercicio profesional, no obstante que esa meta estaba contemplada ya desde la Constitución de 1857, es decir, se cumplió con un retrazo de 88 años.[501] Semejante situación ponía en evidencia la incapacidad de las agrupaciones gremiales en cuanto a intervenir en el ejercicio profesional, y las iniciativas en ese sentido fueron, aunque recurrentes, muy limitadas. Ya en julio de 1895 un grupo de 17 arquitectos se había manifestado ante la municipalidad protestando por autorizaciones concedidas para dirigir construccio-

499 "Acuerdo #46. Alfonso Pruneda. 10 de septiembre 1925", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 16, exp. 262.

500 "Informe que rinde la Secretaría General de la Universidad sobre las labores desarrolladas en la misma durante el mes de mayo último", *BUNM*, III, 5, 6 y 7, mayo-junio-julio, 1927, p. 27.

501 La Ley Reglamentaria del artículo 5° constitucional relativo al ejercicio de las profesiones, estableció la exigencia de título profesional para la ingeniería en sus diversas ramas profesionales. Estuvo precedida del estudio de las comisiones respectivas, donde se apunta que éstas "han tomado en cuenta el malestar social que permanentemente ha existido por la falta de reglamentación de los artículos 4° y 5° de la Constitución".

nes, así que presentó un estudio relativo a las disposiciones contenidas en los artículos 3° y 4° constitucionales:

> Nosotros no pretendemos que el público deje de ocupar a las personas que más les plazca, pero sí queremos que conozca claramente a las que ocupa y en cuanto a la autoridad, solicitamos el cumplimiento de la ley. Es decir, que puesto que la Ley de Instrucción Pública establece los estudios de arquitecto y expide el Gobierno el título respectivo después de haber llenado los requisitos que aquélla señala, debe exigirse en los asuntos oficiales el título de arquitecto y no debe admitir persona que no lo tenga.[502]

Personajes con la reputación de Leopoldo Salazar insistieron en el asunto; en un estudio presentado por este ingeniero ante la asociación en diciembre de 1901, llegaba a la siguiente conclusión: "el título profesional expedido por el Estado es indispensable para el ejercicio de la ingeniería, tanto en beneficio de las personas que consagran su vida a la adquisición de ese título, como en bien de la sociedad que carece de los medios para detener oportunamente el charlatanerismo".[503] Las respuestas en tal sentido fueron muy limitadas. En octubre de 1903 se emitió un acuerdo firmado por el general Porfirio Díaz autorizando a los ingenieros de diversas ramas a dirigir construcciones de edificios, siempre y cuando anunciaran "ante el público la especie de título que posean y la procedencia del mismo, de modo que no tendrán dicha autorización los que se anuncien con el vago nombre de ingenieros".[504]

Uno de los ingenieros fundadores de la Asociación hacía las siguientes reflexiones a comienzos de 1911:

> Cierto es que ha habido hombres que partiendo de los últimos grados de la escala social, sin más educación que la que pudieron recibir en la

502 M. F. Álvarez, *Recuerdo histórico...*, p. 57.

503 *Ibidem*, pp. 57-58.

504 "Acuerdo por el que se autoriza a los ingenieros de Minas, a los ingenieros Civiles, a los ingenieros Industriales y a los ingenieros Militares para dirigir construcciones de edificios, siempre que anuncien debidamente el título que posean", *BIP*, II, mayo-diciembre, 1903, p. 795.

escuela primaria, ni más instrucción que la que adquirieron en la práctica de un oficio, han llegado a distinguirse en la profesión de Ingeniero y aun merecido por sus trabajos las mayores reconocimientos; esto constituye una excepción y como se comprenderá un genio especial y un grande espíritu de observación, cualidades de las que no todo mundo está dotado. Pero estos mismos hombres, al llegar a ciertas alturas, han reconocido la necesidad de los estudios teóricos que les proporcionarán medios de generalización que sólo la ciencia puede enseñar.[505]

También la propia Universidad emprendió gestiones a favor del reconocimiento del título profesional. En 1919 se repartieron a diversas instituciones a lo largo del territorio nacional, estadísticas de titulación "con el objeto de evitar que personas no tituladas ejerzan las profesiones de Medicina, Jurisprudencia o Ingeniería".[506] Antes, en 1916, cuando la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas había ofrecido admitir dibujos, planos, proyectos y presupuestos de obras que se fueran a someter a su aprobación, únicamente de parte de profesionistas titulados, solicitó la entrega de un índice de profesionistas a la Escuela Nacional de Ingenieros para tener control sobre el asunto, a lo que el plantel respondió que "no lleva registro de los ingenieros que actualmente ejerzan la carrera, pues ignoramos los que recibidos en el plantel aludido, hayan fallecido o no radiquen en la capital".[507]

Por parte del poder público, los pasos que se dieron para legislar el ejercicio profesional de los ingenieros fueron bastante tímidos. En marzo de 1919 el Ejecutivo expidió un acuerdo para la revalidación de títulos y grados universitarios en el que, en este sentido, sólo apareció una disposición —en un artículo transitorio— relativa a que los títulos o diplomas obtenidos en el extranjero de personas que hubiesen prestado servicios profesionales al gobierno de la Repú-

505 J. R. de Ibarrola, *op. cit*., p. 24.

506 "Se remiten los ejemplares de la Estadística de títulos profesionales expedidos por la Universidad Nacional durante los años 1914 a 1918. 6 de noviembre 1919", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, 5, exp. 67.

507 "Oficio. Al C. Jefe int. de la Sección de Obras Públicas del DF. 7 de julio 1916", AHPM, 1916-I-334, exp. 5.

blica, "ya sea en el período preconstitucional, ya durante el tiempo corrido desde el 1° de mayo de 1917 a la fecha, podrán obtener que la Universidad Nacional les revalide dichos títulos o diplomas, siempre que lo soliciten antes del 1° de diciembre de 1920".[508] Fuera de eso no se avanzó en legislar el trabajo profesional de los ingenieros.

La propia Universidad participó en este debate, sin analizar resoluciones más que dentro de su propia esfera institucional. Al ser discutido en el pleno del Consejo Universitario el asunto del reconocimiento de los títulos, durante la sesión del 22 de marzo de 1922, uno de los miembros cuestionó sobre cuál era el efecto jurídico de los títulos expedidos por la Universidad, a lo que el rector propuso plantear la discusión en torno a dos ángulos: "un título es simplemente un diploma universitario, cuyo objeto es declarar la idoneidad científica de quien lo recibe, o es un documento que autoriza el ejercicio de una profesión, la intervención en la vida social en la forma permitida por las leyes".[509] Otro de los consejeros insistió en que

> la Universidad perdería su respetabilidad si sus títulos no dan derecho para ejercer las profesiones [y agregó] que siendo la Universidad dependencia de una Secretaría de Estado, la de Educación Pública, lo que está haciendo es discutir una ley que debe expedir dicha Secretaría, referente a los efectos legales de los títulos que ella también expide.[510]

Terció en la discusión Lombardo Toledano, quien dijo que

> no hay diferencia entre poseer un título y ejercer la profesión, porque quien posee un título y no ejerce la profesión, no cumple los fines del Estado, que da la ciencia para que se haga uso de ella, y que si la Universidad no diera títulos que den derecho para que se ejerzan las profesiones, habría fracasado por completo, y sería una institución inútil.[511]

508 "Acuerdo del C. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, relativo a la revalidación de títulos y grados universitarios", *BU*, I, 1, diciembre, 1917, p. 40.

509 "Resumen del Acta Taquigráfica de la sesión del Consejo Universitario, celebrado el 22 de marzo de 1922", *BUNM*, I, 2, agosto, 1922, p. 42.

510 *Ibidem*, p. 43.

511 *Ibidem*, pp. 43-44.

Al proseguir el debate en la sesión siguiente, el 29 de marzo, otro de los oradores expuso que

> contra la opinión de algunos, el artículo 4° constitucional no estaba reglamentado. Citó el hecho de que la Suprema Corte de Justicia de la Nación ha amparado repetidas veces a las personas a quienes se ha pretendido impedir el ejercicio de la profesión, aunque existan disposiciones como el artículo 759 del Código Penal, y que dice (el que sin título legal ejerza la medicina, la cirugía, la obstetricia o la farmacia, será castigado con un año de prisión y multa de $100.00 a $1 000.00 pesos). Este artículo nunca se ha aplicado porque no existe *título legal*.[512]

Finalmente, después de cuatro sesiones exhaustivas que concluyeron el 5 de abril de 1922, y con la presencia de Gómez Morín y de Julio Torri como representantes de la SEP, se llegó al acuerdo de que, al reconocer la ambigüedad legal relativa a la reglamentación del artículo 4°, la institución debía limitarse a conceder grados universitarios y no grados de Estado.

El tema, que desde luego producía irritación permanente entre estos y otros profesionistas, emergía al debate público una y otra vez. A fines de 1931 el Centro de Acción Social de Estudiantes Universitarios convocó a un congreso para proponer criterios de reglamentación al artículo 4° constitucional; la postura de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México puede resumirse así: conservar como fundamental el postulado de libertad en la elección y desempeño para dedicarse a la profesión, industria o trabajo que se prefiera, siempre y cuando sean lícitos, a partir de lo cual "sólo hay que buscar la forma de conciliar esos derechos individuales con el bien de la sociedad que la Constitución vigente consagra con toda razón".[513] Por lo tanto, proseguía la asociación,

512 *bidem*, p. 49.

513 "Sugestiones para la reglamentación del artículo cuarto constitucional presentadas por los representantes de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos al Congreso convocado para este objeto por el Centro de Acción Social de Estudiantes Universitarios y aprobadas por la expresada comisión". *Universidad de México*, III, 14, diciembre, 1931,p. 219.

> que el gobierno, haciendo honor a los títulos expedidos por las universidades autónomas o por él mismo a través de sus escuelas, exija que los profesionistas que presten servicios oficiales, los que desempeñen cargo de peritos en asuntos judiciales o administrativos, los que aparezcan como responsables en la explotación de cualquiera industria en que peligre la vida de los empleados u obreros, o los que aspiran a ser maestros en las escuelas oficiales de asignaturas en que se enseñe materia de aplicación práctica, estén titulados, agregando a esta condición, para los dos últimos casos mencionados, la de que comprueben plenamente haber ejercido activamente y con buen resultado su profesión, cuando menos durante cinco años consecutivos.[514]

En igual sentido al de la regulación del trabajo profesional, la injerencia formal de los organismos gremiales en los diseños curriculares relativos al oficio hubo de aguardar hasta la promulgación de la citada Ley a mediados de los años cuarenta, cuando se delegó en los colegios de profesionistas la facultad de proponer planes de estudio. En este sentido se habían pronunciado no sólo las agrupaciones mexicanas, sino sus homólogas extranjeras, como la American Institute of Electrical Engineers, cuando en un artículo publicado en México en 1926 y firmado por George H. Dorn en el *Boletín* de ese organismo, afirmaba que:

> las sociedades de ingenieros, como centros de intercambio de ideas y experiencias, son, después de las universidades, las únicas instituciones donde las personas que los constituyen pueden adquirir, conocer, discutir y asimilar los conocimientos y experiencia de sus colegas, contribuyendo a la vez con experiencia y conocimientos propios para provecho de los demás.[515]

Desde luego, esta ausencia de dispositivos legales para la injerencia de la organización gremial en los asuntos de su competen-

514 *Ibidem*, p. 221.

515 G. H. Dorn, "El Ingeniero en política", *Boletín del American Institute of Electrical Engineers, Sección de México*, III, 8, enero, 1926, p. 127.

cia no bastó para inhibirla. Las consideraciones sobre la fijación de aranceles profesionales, la supervisión de estándares técnicos, el arbitraje y, por supuesto, la intervención en las enseñanzas impartidas en los planteles del ramo, se llevaron a efecto a través de las gestiones de miembros de la asociación realizadas a título personal, lo cual resultaba bastante frecuente, dado el relieve de ellos y su tránsito permanente en puestos de dirección. Esta dinámica incluso sirvió para reforzar la triangulación que se venía gestando desde el movimiento constitucionalista entre el Estado, la Universidad y la asociación, cuando en 1914 fueron designados Valentín Gama y Mariano Moctezuma (socios activos) como rector de la Universidad y director de la Escuela, respectivamente. La intervención de socios tanto en proyectos gubernamentales como en la creación de enseñanzas específicas fue constante. La adopción de criterios técnicos basados en el empleo de los nuevos materiales que caracterizaron a la ingeniería civil de la época —el acero y el cemento— contó con el concurso decisivo de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, a lo largo de discusiones colegiadas que se ocuparon de peculiaridades locales en las que la técnica extranjera evidenciaba insuficiencia, como en el caso de las cimentaciones y levantamiento de estructuras mayores en las condiciones del subsuelo de la capital y de su sismicidad. Otro tanto ocurrió con el asunto de la pavimentación y con el advenimiento del automóvil.

Tiempo después de los límites temporales del presente trabajo se promulgó al fin una ley reglamentaria para el ejercicio de las profesiones. Al año siguiente, esto es, en marzo de 1946, se fundaría el Colegio de Ingenieros Civiles de México, organismo gremial que sustituiría a los que aquí hemos considerado, y que estaba contemplado en la mencionada reglamentación.

IV. HACIA UN NUEVO PARADIGMA CONSTRUCTIVO: EL CONCRETO ARMADO

La puesta en escena del programa constructivo del Estado mexicano en el siglo XX coincidió con el empleo extensivo de un material cuyas características físicas potenciales abrirían un abanico extenso de posibilidades de aplicación: el cemento Portland. El impacto de este material en el ámbito de la ingeniería civil y en el de la arquitectura fue tal que se puede hablar de un antes y un después, y no resulta exagerado afirmar que el México de la época —en materia de infraestructura— se identifica con el cemento y, de manera más específica, con el cemento armado.

Parece obvio concluir que el empleo del cemento Portland y de su utilización en combinación con estructuras metálicas devino en una auténtica revolución constructiva. Las expectativas que motivó el material y su técnica de empleo fueron a cual más de amplias, pero el renglón en donde se registró un desarrollo sin precedentes fue el de construcción de presas. La sustitución de la piedra, la madera y los terraplenes por los colados de concreto determinó un salto cualitativo y cuantitativo en la edificación de cortinas artificiales para contención de aguas.

Desde luego, mucho tiempo hubo de transcurrir entre la invención del cemento Portland y su empleo generalizado en México; casi 100 años completos, tiempo que se explica por varios factores, que van desde la lentitud que afectaba a la difusión de ciertas innovaciones tecnológicas hasta los costos de producción, pero lo cierto es que ya en las postrimerías del porfiriato este material fue adquiriendo carta de naturalización en el país. El momento de su empleo masi-

vo fue cuando se concretó la interacción entre demanda ampliada y abaratamiento de costos, y habría que añadir el desarrollo siderúrgico, que no tuvo tanta popularidad en cuestión de material de construcción en sí, pero en cambio fue esencial para las estructuras de concreto armado.

Hay que señalar, sin embargo, que esta venturosa aplicación no tuvo paralelismo en el otro polo de amplio desarrollo de la ingeniería civil mexicana, que es el de carreteras. La explicación de este fenómeno se basa sin duda en un diferencial económico, pero también en la disponibilidad a bajo costo y aplicabilidad de recubrimientos asfálticos derivados del petróleo crudo mexicano, que por su naturaleza era bastante pesado. Aun así, el cemento tuvo uso intensivo en los aditamentos necesarios para los caminos, como puentes, postes, desagües, etcétera.

Las rutas de adopción del cemento Portland

El cemento Portland constituye sin duda uno de los materiales que definen la civilización contemporánea. El uso extensivo en la construcción así lo evidencia, pero también fue grande el impacto que tuvo en los patrones de construcción. Se trata, en este doble sentido cuantitativo y cualitativo, de una de las patentes más exitosas en la historia de la innovación tecnológica.

El éxito de este material no fue, sin embargo, inmediato; cabe presumir incluso que su autor quedó privado de constatarlo, dado que hubo de trascurrir una buena cantidad de tiempo y sortearse diversas resistencias para que al fin se popularizara. De él se llegó a decir que era absurdo triturar la piedra para volverla a aglomerar después. Lo cierto es que el uso intensivo del material fue impulsado a partir de que fue combinado con estructuras metálicas que compensaron con ventaja los inconvenientes físicos que presentaba a la torsión. Esta combinación fue difundida en el mundo de la construcción ya en el siglo xx, y coincidió en varios sentidos con circunstancias locales que determinaron su adopción en el medio mexicano.

Desde una perspectiva química, el cemento Portland consiste en una mezcla de óxidos de calcio, silicio y aluminio. Estos materiales se mezclan artificialmente y en proporciones adecuadas calcinando hasta el punto de una fusión incipiente materiales que los contienen, como calizas y arcillas. Los porcentajes aproximados de la mezcla son: Óxido de Calcio (CaO), 60 a 70 por ciento; Dióxido de Silicio (Si02), 19 a 24 por ciento; Trióxido de Aluminio (Al303) en una proporción que va de 4 a 7 por ciento, y se completa con Óxido de Magnesio (MgO). El resultado de esta mezcla se conoce como *clinker,* que una vez obtenido es adicionado con yeso para elevar el grado de cohesión. La extraordinaria dureza y sus cualidades como pegamento se alcanzan gracias a las reacciones químicas que tienen lugar cuando la mezcla mineral es tratada con agua.

Cabe señalar que no fue sino hasta fecha muy reciente que se descifró la estructura molecular del cemento, cuando investigadores adscritos al MIT presentaron en septiembre de 2009 un modelo molecular del hidrato de cemento, y mostraron que a nivel atómico cuenta con una estructura cristalina, común en los materiales de extrema dureza.[516]

Semejantes características determinaron, en efecto, que este material viniera a revolucionar las técnicas de construcción. En México la introducción del cemento Portland como material de construcción por antonomasia tuvo lugar en las postrimerías del siglo XIX, y debió abrirse paso entre los materiales tradicionales y las maneras constructivas en uso. Este compás de espera se explica no sólo por el tiempo normal que solía tomar una innovación en el mercado

516 Se trata —el hidrato de silicato cálcico— de un material híbrido que, si bien tiene en parte las propiedades de un cristal, también se parece en algunos aspectos a los llamados líquidos congelados, como el vidrio y el hielo, en los que hay un lento deslizarse de capas sobre capas. Lo que el cemento tiene de distinto, según los investigadores del MIT, es que en la capa que contiene moléculas de sílice algunas de estas estructuras de forma triangular están ubicadas de modo que se extienden hacia las capas de cal ubicadas arriba y abajo. Estas diferencias respecto a estructuras más regulares, diferencias que solían verse como "fallas" estructurales, si bien rompen el patrón, son precisamente las que hacen del concreto el material preferido para construir: en esos puntos de contacto es donde se fijan las moléculas de agua; y las fallas permiten que el concreto, lejos de ser un material absolutamente rígido, tenga cierta flexibilidad para alargarse o comprimirse un poco.

a comienzos del XIX, sino por el tiempo que tuvo que transcurrir para que su producción en cuanto a costos resultase competitiva. Habría que añadir la existencia de condiciones locales adecuadas para la adopción del material. Los acontecimientos relativos al estallido revolucionario condicionaron la velocidad de adopción de la nueva técnica, y hubo que esperar la normalización de la vida civil para que la mencionada opción tecnológica cobrase rango de legitimidad en el contexto local y comenzara una rápida expansión. Una vez firmada la Carta Constitucional, superada la fase armada, y frente a una programa de reconstrucción en donde el desarrollo de la infraestructura asumiría un papel protagónico, un nuevo paradigma, basado en las posibilidades del cemento Portland, fue cobrando aceptación entre especialistas constructores del ramo y entre el público en general.

Como en muchos otros casos en la historia de la tecnología, la elaboración original de este material no fue básicamente resultado de procedimientos científicos, sino de iniciativas empíricas que sólo más tarde exigieron la intervención de la ciencia para alcanzar niveles óptimos de producción y de consumo.

En efecto, el material en cuestión fue experimentado originalmente en Inglaterra a comienzos del XIX y patentado en octubre de 1824 por el albañil Joseph Aspdin con el número de registro 5022 y la leyenda de "Un perfeccionamiento en el método de producir piedra artificial". La designación con la que se le conoce obedece precisamente a la semejanza que su apariencia guardaba con una piedra extraída de la isla de Portland, en Dorset (Inglaterra), de donde se obtuvieron los primeros minerales. En su elaboración fueron empleados, como ingredientes básicos, óxidos de calcio, aluminio y silicio, finamente triturados, calcinados y mezclados entre sí; resulta de este proceso un polvo que al entrar en contacto con agua en adecuadas proporciones adquiría enorme solidez y resistencia, lo que permitió usarlo como elemento estructural en construcciones una vez que hubiese fraguado, además de como adherente. Dichas cualidades, sumadas al hecho de que recién hidratada la mezcla con agua resultaba susceptible de ser vaciada dentro de cualquier molde y adquirir la forma de éste, le confirieron un amplio potencial de aprovechamiento y de aplicaciones.

La dinámica de difusión en el empleo del nuevo material tuvo naturalmente como eje su propio lugar de origen, y se extendió primero hacia contextos de tradición sajona. Ya en 1825 se utilizó un volumen considerable de cemento tradicional[517] en la construcción del canal Erie, en Estados Unidos, pero fue el ingeniero I. K. Brunel quien se acreditó como el primer ingeniero en aplicar cemento Portland en una obra de ingeniería, en el túnel Támesis. Los pasos hacia la industrialización y acreditación ocurrieron en Canadá, donde se instaló en 1830 la primera fábrica de cemento a gran escala, y en Alemania, país en el que se llevaron a cabo en 1836 las primeras pruebas sistemáticas para evaluar la resistencia a la tensión y compresión de los productos de concreto armado. En 1843 J. M. Mauder, Son & Co. obtuvo la primera licencia para la producción industrial del Portland. Más adelante, en 1848, Jean Louis Lambot experimentó los primeros refuerzos para el concreto, incorporando en el colado mallas hechas con alambres trenzados. Al año siguiente, Pettenkofer & Fuches realizaron las primeras pruebas químicas del cemento Portland.

En lo que se refiere a la masificación en el uso del concreto para obras de infraestructura, esto se verificó en el campo de la construcción de caminos, inicialmente en Austria e Inglaterra, pero fue el francés François Coignet quien lo aplicó como material básico en sus trabajos, entre 1850 y 1880 en París. En 1854 el inglés William B. Wilkinson logró los primeros pisos y techos de concreto armado, reforzando la mezcla con alambres de acero trenzados. La era moderna del cemento Portland arranca en 1860, con el logro de composiciones de mayor resistencia. En 1862 aparecieron en el mercado los primeros equipos industriales derivados de la fabricación de cemento a gran escala, las chancadoras de clinker (material fragmentado y calcinado producido en el horno), por iniciativa de la firma inglesa Blake Stonebreaker.

En 1868 el Portland arribó a continente americano por conducto de un embarque inglés hacia Estados Unidos, donde tres años más tarde el industrial David O. Saylor habría instalado la primer fábrica, la Coplay Cement, habilitando la casi inmediata puesta en práctica de sus ventajas constructivas con la construcción de un edificio

517 No se trataba del Portland, sino de su antecesor, conocido como Parker.

de altura a base de concreto reforzado en la ciudad de Nueva York. Las investigaciones en torno al material cobraron entonces fuerza y ya en 1880 los ingredientes del Portland fueron sometidos a análisis químicos especializados. Asimismo se avanzó en el desarrollo de los elementos accesorios para el aprovechamiento del concreto, como el uso de varillas cuadradas de acero retorcido para ayudar a la adherencia, sistema patentado en 1884 por Ernest L. Ransom. Los hornos fueron también objeto de constantes mejoras hasta la creación en 1886 del horno giratorio.

Al comienzo del nuevo siglo, las pruebas básicas del cemento fueron estandarizadas y en 1904 la American Standard for Testing Materials dio a conocer los parámetros para la producción mejorada del Portland. La aceptación generalizada de esa modalidad constructiva cobró vigencia, apoyada no sólo en los resultados de la investigación científica, sino en la realización de obras: el primer puente de concreto armado en Hungría; la primera calzada en la ciudad de Bellefontaine (Estados Unidos); el teatro de Campos Elíseos, construido por August Perret, a quien se debe también un edificio de departamentos en París realizado en 1902 con un sistema de alto rendimiento; el primer rascacielos levantado en la ciudad de Cincinnati en 1904, etcétera. La nueva forma de construir había adquirido carta de naturalización.[518]

La transferencia tecnológica siguió la ruta normal de carácter exógeno, pasando del centro original hacia la periferia. El impacto de este proceso en la región latinoamericana está expuesto en un interesante estudio[519] que lo describe de la siguiente manera:

518 Durante décadas, el cemento Portland se difundió de forma muy limitada. Primero debió vencer la preferencia social por el aparentemente más atractivo cemento Parker. A continuación tuvo que demostrar su superioridad tanto en términos de resistencia como de calidad, y, finalmente, se vio enfrentado al desafío de reducir los altos costes de producción. La reducción no llegó verdaderamente hasta la última década del siglo XIX, la cual marcó un punto de inflexión decisivo en el desarrollo de la industria del cemento. La innovación tecnológica fundamental fue el horno rotatorio, alimentado con polvo de carbón, puesto a punto por la empresa norteamericana Atlas Portland Cement en 1898. Con él la industria del cemento despegó por fin.

519 X. Tafunell y A. Carreras, *Importaciones e inversión en América Latina en 1913 y 1925*, <www.economía.unam.mx/amhe/memoria/mesa+6/>.

> El uso creciente del cemento como material de construcción —en Latinoamérica, como en todas partes— está asociado al cemento Portland, que es un producto que se obtiene de la mezcla, cocción y pulverización de piedras calizas, areniscas y arcilla. La tecnología para elaborarlo se difunde a mediados del siglo XIX, pero en los países más industrializados no se impondrá claramente sobre el cemento natural hasta alrededor de 1900, con la sustitución del horno vertical por el horno rotatorio. Gracias a él se conseguirá una notable disminución del precio del producto, a la par que una sustancial mejora en su calidad y uniformidad, todo lo cual contribuirá a que sustituya definitivamente los cementos naturales.[520]

La nueva tecnología creará, en los primeros años, una barrera de entrada para los países menos desarrollados. Los altos requerimientos de capital financiero y tecnológico de las plantas cementeras modernas, junto con las dificultades para abastecerse de combustibles abundantes y baratos, conllevarán que las economías no industrializadas recurran a la importación para satisfacer la demanda interna. Esto no habrá de ser sino una situación transitoria, ya que siendo el producto costoso de transportar y disponiendo casi todos los países de amplias reservas de las materias primas —la energía aparte—, lo más racional, desde un punto de vista económico, es que las plantas productivas se emplacen en los propios mercados de consumo.

Veamos en qué estado se encontraba la industria de cemento Portland en América Latina en 1913. En la gran mayoría de países de la región todavía no había echado raíces. En algunos de ellos la situación había madurado lo suficiente para estar en cierne su implantación. Así, en Argentina —el mayor consumidor de la región— sólo existía una planta productiva en Córdoba (Fábrica Nacional de Córdoba), con una capacidad productiva de 12 mil toneladas por año, cuyo nivel productivo se situaba únicamente en alrededor de

520 Entre 1895 y 1913 el precio del cemento Portland en el mercado mayorista de Estados Unidos disminuyó en 19.8 por ciento, mientras que el precio del conjunto de materiales de construcción experimentó un aumento de 46.3 por ciento. En el mismo periodo, el índice general de precios al por mayor sufrió un alza de 42.7 por ciento. *Vid*. los índices en <http://www.nber.org/databases/macrohistory/contents/>.

tres mil toneladas, debido a que la baja calidad del producto le impedía tener acceso a las obras públicas.[521] En 1918 habría de entrar en funcionamiento otra fábrica (Compañía Argentina de Cemento Portland), de capital norteamericano, que representaría el despegue de la industria cementera argentina.[522] De cubrir menos de uno por ciento del consumo aparente en 1913, pasó a atender cerca de 40 por ciento en 1920.[523] La situación de partida de Brasil fue muy parecida, pero se caracterizó por un desarrollo más tardío. En vísperas de la Primera Guerra Mundial apenas se producía cemento en el país. La única fábrica existente —en Rodovalho— tenía unos niveles de producción ínfimos, a consecuencia de que el mercado era reacio a consumir un producto de irregular calidad.[524] La primera fábrica importante (Companhia Brasileira de Cimento Portland, en São Paulo) no se creó hasta 1926.[525]

En el caso mexicano, la adopción y consiguiente desarrollo de la industria del cemento y de sus aplicaciones locales presentó ciertas singularidades que lo distinguen de otras naciones latinoamericanas. Por principio de cuentas, la industria local del cemento floreció desde muy temprano, junto a plantas pioneras en el ramo en Cuba (1901) y Guatemala (1901). Esto ocurrió cuando entre Argentina, Brasil y el mismo México absorbían 70 por ciento de las importaciones en la región.[526] La primera instalación dedicada a este producto registra la fecha de 1906, con una capacidad de 20 mil toneladas anuales. Se trata de la empresa Cementos Hidalgo, situada en la población de igual nombre, en el estado de Nuevo León. Tres años más adelante se sumó la fábrica Tolteca, en las inmediaciones de la ciudad capital.

521 E. Boix, *Los cementos Portland en la Argentina*, p. 9.

522 W. W. Ewing, *Construction materials and machinery in Argentina and Bolivia*, p. 75.

523 Las cifras de producción y consumo, desde 1913 a 1949, en CEPAL, *Estudio económico de América Latina 1949*, p. 122.

524 W. W. Ewing, *Construction materials and machinery in Brazil*, p. 45.

525 United States Department of Commerce, *Commerce Yearbook 1926, vol. II: foreign countries*, p. 76. Las cifras de producción, importación y consumo aparente desde 1925, en CEPAL, *op. cit.*, p. 264.

526 X. Tafunell, *En los orígenes de la ISI: la industria del cemento en Latinoamérica 1900-1930*, <http://www.helsinki.fi/iehc2006/papers3/Tafunell.pdf>.

Paralelamente se desarrollaron industrias complementarias, como la compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, que en 1908 comenzó a laminar barras corrugadas para concreto armado.[527]

Las condiciones de la dictadura porfiriana en cuanto a la atención a la creación de infraestructura, acompañadas de un desarrollo efectivo de la ingeniería doméstica, aseguraban un mercado amplio. Cabe señalar que los mexicanos contaban con una larga tradición local en el uso de cementos, que se conocían desde los aztecas, quienes preparaban una mezcla de cal con arcilla negra. En igual sentido se puede mencionar el reconocimiento a la Compañía Mexicana de Cal Hidráulica que se hizo durante la Feria Internacional de San Louis Missouri en 1903.[528]

En efecto, el empleo de los cementos tradicionales y, en su oportunidad, del Portland constituyeron prácticas regulares. Esta característica resulta relevante para ilustrar acerca de la articulación entre la producción de cemento como rama industrial, y su aplicación en el terreno efectivo de la construcción local. Éste fue uno de los factores que explican que mientras la producción local se desplomaba frente a los materiales de importación en las otras naciones latinoamericanas pioneras en la fabricación, México evidenció una línea progresiva de continuidad en la producción doméstica y el consumo correlativo, ello a pesar de la irrupción de la revuelta armada de 1910. De hecho, las empresas cementeras originales continúan operando hasta la fecha en territorio mexicano.

Otro rasgo singular del caso mexicano lo constituye el hecho de que el empleo del concreto armado y los nuevos horizontes a que dio lugar en el campo de la ingeniería local no fueron parte de un proceso que se circunscribiera a los espacios y ritmos marcados por la lógica de la transferencia tecnológica hacia ámbitos periféricos, sino que esa transferencia dio pie y estuvo acompañada de un interesante proceso de investigación original, de tal forma

527 "De gran beneficio a los ingenieros y constructores de edificios en la República", *El Correo Español*, 5 de diciembre, 1908, p. 2.

528 "Reconocimiento a la Compañía Mexicana de Cal Hidráulica en San Louis Missouri", *El Popular*, 25 de septiembre, 1903, p. 2.

que el *impasse* causado por la Revolución Mexicana incidió negativamente en la actividad constructiva, pero alentó actividades académicas dentro y fuera de espacios institucionales, tanto en la esfera de la enseñanza, como de la investigación original y hasta de la innovación tecnológica. La enseñanza profesional continuó impulsando el empleo de las nuevas tecnologías y se produjeron textos especializados, como el del ingeniero Modesto Rolland, titulado *Cemento armado, elementos de cálculo*, publicado en la ciudad de México en 1910,[529] o el libro de Manuel Torres Torija, *El cemento armado*, ensayo monográfico impreso en 1913 que sería empleado como recurso didáctico para los estudiantes de la carrera e incluyó dentro de su capitulado apartados como los siguientes: -Tipos generales de elementos constructivos.- Forjados o losas (dalles).- Vigas.- Pilares.- Bóvedas.- Cimentación.- Muros.- Escaleras.- Tubos.- Recipientes.- Canalización.- Galerías.- Puentes.- Cúpulas; - La flexión de los sólidos.- Condiciones de equilibrio de un sólido.- Flexión del sólido.- Teoría de Navier.- Valores usuales del momento flexionante.- Reglas fundamentales para el cálculo estático de las construcciones de cemento armado; - Teoría de la estática del cemento armado.- Generalidades.- Diagrama de las tensiones.- Fases características.- Determinación de la fibra neutra en el caso general.- Tensión máxima en el betón y en el fierro.- Casos particulares de armaduras simétricas, una sola armadura y forjados con nervaduras.- Esfuerzos de deslizamientos.- Estribos; - Fórmulas prácticas.- Forjados.- Forjados con nervaduras; -Nomogramas para el cálculo de forjados con nervaduras; - Columnas con carga central.- Columnas con carga excéntrica.- Columnas de hormigón zunchado; -Cimientos.- Muros.- Muros de sostenimiento.- Techumbres.- Arcos.- Bóvedas.- Cúpulas.[530]

529 El texto del ingeniero Modesto Rolland fue publicado en 1910 en la ciudad de México por Juan Aguilar y Vera, 1910, y no pude encontrarlo en ninguna de las colecciones consultadas. Es interesante notar que este personaje había escrito en 1900 una *Carta a mis conciudadanos;* en 1909, *Salvemos a la Patria*. Más adelante, en 1932, escribió *Comunismo y liberalismo*. En el campo de la ingeniería civil puso en práctica las técnicas del concreto armado, fundando una pequeña empresa llamada precisamente "Patentes Rolland".

530 M. Torres Torija, *El cemento armado.*

Este trabajo nos ofrece un claro ejemplo de la importancia que ya se le concedía en México a los usos del nuevo material, así como del manejo especializado al que dio lugar en el ámbito de la enseñanza. En el mismo sentido, un gabinete de prueba de materiales en la Escuela Nacional de Ingenieros hizo las veces de un incipiente laboratorio experimental, como sucedió con el curso de Procedimientos de Construcción presentado por el profesor Anza, para que los materiales de construcción se pudieran estudiar de manera práctica, y los trabajos presentados en el seno de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México sirvieron para una puesta al día de los avances técnicos en la materia.[531] En 1916, además de las asignaturas impartidas por el ingeniero Antonio M. Anza, se impartía el curso de Construcciones de Cemento Armado, a cargo del ingeniero Octavio Dubois.[532]

En Estados Unidos, mientras tanto, se consumaron acciones que favorecieron o llevaron a sus últimas consecuencias el potencial de la nueva tecnología ingenieril, como la aparición patentada en 1913 de la primera bomba de concreto, lo que facilitó de manera considerable los procesos de vaciado, la creación en 1916 de la Portland Cement Association, y el establecimiento, al año siguiente, del US Bureau of Standars (Agencia Americana de Estándares) y de la American Society for Testing Materials.

Sobre tales bases, una vez concluido el periodo militar de la Revolución, el novedoso paradigma constructivo entró en su autentica fase de esplendor en México, se multiplicaron las aplicaciones y se generalizó su empleo, lo que dio lugar a diversas investigaciones originales sobre aplicaciones locales. Desde luego, hay que señalar que tales procesos, en buena medida internos, se combinaron con causales externas que se derivaron del papel que asumió el proyecto de Estado surgido de la Revolución, en el que las bases para estimular el progreso material fueron ponderadas a través de acciones que

531 Con mucha probabilidad el primer estudio sobre cemento realizado en México es el de Luis Espinosa, "Memoria relativa al túnel de Tequisquiac", que apareció en los *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México* en 1894, en el tomo IV correspondiente a ese año, pp. 3-94.

532 "Lista del personal docente y administrativo de la Escuela Nacional de Ingenieros con expresión de sus cargos y domicilios respectivos. 10 de febrero 1916", AHPM, 1916-II-335, exp. 3.

incluyeron un desarrollo sin precedentes de la infraestructura. La ingeniería civil se constituyó en elemento protagónico de la gestión pública, y de la propagación del concreto armado como paradigma constructivo. A partir de la década de los veinte, el uso y la experimentación con cemento Portland en México se volvieron comunes. Muy elocuente resulta la siguiente nota periodística, aparecida en un diario de circulación nacional a principios de 1922:

> Hoy no se emprende ningún trabajo de construcción en el que no pueda aplicarse de una u otra suerte el concreto, y la razón para su aplicación, cualquiera que ésta sea, nunca varía; asegurar la permanencia, bien sea para toda la estructura o para alguno de sus punto más vitales, y como se ve tal razón no puede ser más significativa. [...] El concreto está sirviendo para desarrollar un nuevo estilo de arquitectura, una nueva escuela de obreros constructores, y a él se deben algunas de las características más salientes en el desarrollo de la industria moderna. Ha traído consigo la era de construcciones incombustibles, lo mismo se trate de casas para habitación, que de plantas manufacturadas o que de edificios para oficinas. [...] Dejando a un lado la ventaja financiera que se obtiene construyendo una estructura incombustible, hay que tomar en cuenta el factor seguridad, y la desaparición completa de la ansiedad que acompaña al dueño de una casa por el temor de que ésta se incendie, seguridad que no puede valorizarse en pesos y centavos. [...] La invención del cemento Portland hizo posible un concreto de mayor uniformidad y seguridad. La reducción del precio de ese mismo cemento produjo una reducción correspondiente en el costo del concreto. Por medio de la invención del concreto reforzado, este material que hasta entonces sólo se usaba por su gran fuerza compresiva, comenzó a usarse también por su extraordinaria fuerza de tensión. Su baja conductividad térmica, la hace el material perfecto para estructuras incombustibles. [...] las virtudes del concreto como material estructural, son incontables, y como en un principio decimos, su aplicación resulta práctica no sólo para los grandes edificios sino aun para los de más modesta importancia.[533]

533 "El advenimiento del concreto como material de construcción", *Excélsior*, 26 de febrero, 1922, 3ª, p. 6.

Tales cualidades, asociadas a una oferta que se había sostenido en el mercado local a pesar de las vicisitudes políticas de la época, permitieron que el consumo se generalizara y se diversificara al encontrar aplicaciones en renglones bastante disímiles como la pavimentación de caminos y los postes para cableado eléctrico, proceso en el que participaron empresas privadas, entidades académicas, sector público, compañías constructoras y consumidores en general. El repunte y las condiciones favorables estimularon una ampliación de la planta productiva dedicada al ramo. La situación a mediados de 1923 está expuesta en el siguiente estudio:

> De Estados Unidos y Europa hemos importado de 1920 a la fecha 100 000 toneladas de cemento y para pagarlas el país ha girado al extranjero $3 000 000.00, importación que no ha favorecido siquiera al fisco, porque la mayoría de este cemento se introdujo libre de derechos. El cemento que se importa en la República se consume en plazas costeñas y fronterizas, porque en el centro el precio del cemento es considerablemente más bajo que el costo que sacaría el cemento extranjero, aun el importado libre de derechos. El transporte de los artículos (petróleo, materias primas, sacos, maquinarias, etc.) que concurren en la manufactura del cemento, y el transporte del mismo material de las fábricas a los mercados, aportan a los ferrocarriles del país, por tonelada de cemento, un ingreso medio de $24.50. A otra industria mexicana ingresan $6.00 por tonelada de cemento por los sacos empleados en su envase. La manufactura de cada tonelada de cemento emplea 72 horas de mano de obra (el combustible es la partida más alta en la elaboración del cemento). La capacidad productora de las cinco fábricas de México es tres veces mayor que la cantidad que pueden actualmente vender. *La Tolteca* cuenta con una superficie y una producción de ambos hornos de 7 559 pies cuadrados y 335 toneladas por día. Hidalgo cuenta con cuatro hornos 7 480 pies cuadrados y una producción total de 400 toneladas por día. Es la única fábrica en el mundo que cuenta con todos los materiales para hacer cemento dentro de sus propios terrenos. La Cruz Azul con dos hornos 261 tons. por día. Cementos Portland Monterrey, un horno y 165 tons. diarias; Compañía de cementos Portland Landa (en Puebla) con un horno y 60 tons. de producción. La producción anual de las cinco empresas

> se puede estimar en 445 665 toneladas anuales, no habiendo podido vender en 1922 más que 95 500 tons.[534]

En un verdadero alarde de mercadotecnia, y procurando contrarrestar los efectos negativos en el consumo del producto que ocasionó el movimiento revolucionario, cuatro de las cinco empresas fabricantes de cemento que funcionaban en el país decidieron la creación del Comité para la Propagación del Uso del Cemento Portland en el año 1923, el cual estaba llamado a jugar un papel activo incentivando el consumo del material a través de una serie de argumentaciones de carácter técnico y de una constante exploración sobre las posibilidades de aplicación, lo que, en efecto, ayudó a difundir conocimientos derivados de la investigación en ese campo:

> El objeto de este Comité es ayudar en todo lo que sea posible a todos los constructores de México en lo relacionado con sus aplicaciones en mortero o concreto simple o armado de cemento Portland. Para ello estamos en contacto con las organizaciones similares del extranjero por medio de sus publicaciones y asimismo con los más prominentes ingenieros y arquitectos mexicanos especializados en concreto. Nuestro departamento técnico además se esforzará en obtener para usted toda la información que pueda necesitar en cualquier caso dado sobre algún problema especial.[535]

Fueron establecidos mecanismos de interacción con las instituciones académicas, en particular con la Universidad Nacional: "Debido a la galantería del Comité para propagar el uso del Cemento Portland, ha sido posible fundar y sostener una clase práctica en la Facultad Nacional de Ingeniería, titulada Laboratorio de Concreto, la cual ha despertado bastante entusiasmo entre los alumnos."[536]

La medida fue apoyada con la edición de revistas especializadas, como la que patrocinó la empresa Tolteca. La postura asumida por

534 "La importación de cemento extranjero debe evitarse", *Excélsior*, 24 de junio, 1923, 2ª, p. 10.

535 "Anuncio", *Ingeniería*, 3, octubre, 1927. Contraportada.

536 "Importante servicio a la Facultad de Ingeniería", *Ingeniería*, I, 1, agosto, 1927, p. 33.

esta compañía como punto de partida para la difusión de su producto fue indubitable: el cemento Portland representa la mejor manera de construir y conviene aplicarlo a todas las modalidades constructivas. Así, por ejemplo, lo ilustra el texto de una inserción pagada en un diario de circulación nacional a principios de 1922:

> Efectivamente, el concreto es el material de construcción perfecto. Pero aunque recurren al concreto para obras grandes, sólo los progresistas lo emplean para construcciones pequeñas o medianas. En todo hay bueno y malo. ¿Quién puede necesitar que el concreto no sea lo bueno en construcciones? Ahora bien, Ud. debe buscar su conveniencia. Si su obra no va a ser de concreto, está Ud. evidentemente en un error.[537]

Este comité se encargó de la conmemoración del centenario del descubrimiento del Portland, organizando un concurso dotado de un premio de 700 pesos para el mejor trabajo acerca de las ventajas de las estructuras de concreto reforzado en comparación con las de acero estructural, con énfasis en criterios de economía, durabilidad, estabilidad y resistencia.[538] Ese mismo año, Plutarco Elías Calles fundó la Comision Nacional de Irrigación y poco después la de Caminos, a fin de abrir paso a la realización de obras de gran envergadura en las que el empleo del Portland resultaba idóneo. "No se ha omitido esfuerzo alguno para dotar a la Nación con una red de caminos que satisfaga la creciente necesidad de mejorar los medios de transportes, para el mayor desenvolvimiento de todas las actividades económicas nacionales",[539] señaló la declaración oficial con motivo de la entrada en vigor de la Comisión Nacional de Caminos en marzo de 1925. Menos de un año después hizo lo propio la Comisión Nacional de Irrigación.

Por otra parte, en 1925 el arquitecto José Villagrán García proyectó el Instituto de Higiene en Popotla, con un concepto constructi-

537 "Tolteca, el cemento de calidad", *Excélsior*, 30 abril, 1922, p. 6.

538 "El Comité para la propagación del uso del cemento Portland celebra con un concurso el centenario de su descubrimiento", *Excélsior*, 7 de diciembre, 1924, 4ª, p. 3.

539 Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 8. Las comunicaciones*, p. 197.

vo que tuvo como base el uso del concreto, lo que puede considerarse como el inicio de la arquitectura moderna en México. La era del cemento en México había comenzado, lo que se corrobora con los resultados del citado concurso, cuya premiación hubo de dilatarse hasta mayo de 1925, a consecuencia de la enorme cantidad de propuestas presentadas: "el gran número de trabajos presentados han dificultado la labor del Jurado, por cuya razón aún no se pronuncia el fallo", decía el encabezado de una nota periodística en marzo de 1925.[540] El jurado estaba integrado por el arquitecto Manuel Ituarte y los ingenieros Manuel Avilés y Alberto Gayol.

No obstante la apoteosis a la que se perfilaba el material, diversas oposiciones y resistencias estaban patentes. En 1923, que de varias maneras es fecha de transición hacia los nuevos patrones, un prestigiado arquitecto se quejaba del anquilosamiento en el ramo de la construcción:

> resulta un contrasentido, que siendo México una población donde continuamente se edifica y donde el negocio de las fincas urbanas adquiere a veces proporciones increíbles desde el punto de vista mercantil, el tecnicismo de la construcción en lo que se refiere a los materiales, al personal, a los procedimientos empleados y al cuerpo directivo, no se haya colocado a la altura de nuestra época y en muchos de sus puntos, esté o permanezca a la altura en que nos la dejaron los españoles al final del siglo XVIII y principios del XIX. Si consideramos el esfuerzo realizado en nuestro arte arquitectónico del siglo XIX, desde el punto de vista de los procedimientos de construcción únicamente, tenemos que en vez de adelantar, hemos retrocedido; comparado ese esfuerzo con el opulento, fecundo y majestuoso desenvolvimiento del arte colonial [...], resulta dicho esfuerzo raquítico, endeble y poco definido.[541]

Este autor encuentra, para explicar ese retraso, entre otras razones, la ausencia de criterios técnicos para la selección del material

540 "El concurso del comité para la propagación del cemento portland en México", *Excélsior*, 1 de marzo, 1925, 3ª, p. 5.

541 B. Calderón, "La edificación y el material que se emplea", *Excélsior*, 23 de septiembre, 1923, 3ª, p. 6.

y la inexistencia de proyectos, además de la participación indiscriminada de constructores no profesionales. La observación resulta reveladora en cuanto que alude no sólo a una evidente inercia en los hábitos de construcción, en este caso de vivienda, sino porque permite poner en relieve la necesidad, implícita en los nuevos materiales y procedimientos, de proceder conforme a determinadas especificaciones técnicas. Es decir, la nueva tecnología se hizo acompañar de nuevas exigencias técnicas.

Por ello, uno de los aspectos distintivos en este mecanismo de transferencia tecnológica relativo al cemento Portland y al concreto armado, con todo lo que ello supuso en cuanto a una auténtica revolución en los procedimientos constructivos de la ingeniería civil en México, lo constituyó el hecho de que no se limitó al empleo del material con especificaciones extranjeras, sino que se estimularon tareas de investigación original para aplicaciones específicas en ámbitos locales; ello satisfizo no sólo exigencias formativas profesionales, sino que permitió avanzar en el desarrollo de conocimientos propios que atendieron a condiciones y posibilidades interiores.

Estas actividades tuvieron lugar en laboratorios diseñados para tal efecto, que fueron instalados en dependencias y organismos públicos y privados, así como en entidades académicas como la Universidad Nacional y más adelante el Instituto Politécnico Nacional. La interacción entre ese grupo de instituciones le confirió un rango de organicidad a la disciplina, con lo que logró articulaciones efectivas entre la teoría y la práctica, además de asegurar un desarrollo sostenido con ciertos márgenes de independencia, si bien la casi totalidad de los equipos utilizados siguieron siendo de importación. Uno de los efectos destacados de este proceso se puede verificar en el registro de un amplio número de patentes locales dedicadas a esa modalidad constructiva, como veremos más adelante.

En la esfera de la formación académica y del trabajo científico desarrollado en ella, el papel principal corrió naturalmente a cargo de la Máxima Casa de Estudios, en donde se estableció un moderno laboratorio de prueba de materiales:

> Firmemente convencida la Facultad Nacional de Ingeniería de la urgente necesidad que constituía para la eficacia de la enseñanza, la existencia de buenos laboratorios de ensayo de materiales, ha emprendido una verdadera campaña para lograr debidamente este objeto, mediante la cooperación de varias instituciones, entre las que se destaca la Comisión Nacional de Caminos, como antaño se distinguió la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. La técnica moderna necesita laboratorios para conocer la resistencia y la calidad de toda suerte de materiales de construcción con el fin de comprobar que tienen las características requeridas para satisfacer las necesidades del fin a que se destinan o bien para averiguar las de los materiales nuevamente introducidos al mercado.[542]

Años más tarde, al abrir sus puertas el Instituto Politécnico Nacional, se hizo lo propio; en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura se fundó un Laboratorio de Ensaye de Materiales, en el que, además de las funciones tradicionalmente asignadas a un establecimiento de ese tipo, se experimentó una modalidad: ofrecer investigación y asesoría a particulares en los asuntos de su competencia. En un anuncio aparecido en una revista especializada, por ejemplo, se puede leer el siguiente texto:

> La Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura ofrece a usted servicios que le garantizan que su casa sea construida con materiales de primera calidad en lo que se refiere a piedra, tabique, cal, yeso, maderas, aceros, etc. etc. Inspeccionamos la construcción de su casa por una módica cantidad, ya sea totalmente o en la parte que usted desee.[543]

Aparte de las instituciones de educación superior, en donde por antonomasia se ha realizado en México la investigación científica, otras entidades participaron en este rubro, dando así a la ingeniería

542 "El Laboratorio de la Facultad Nacional de Ingeniería", *Ingeniería*, I, 1, agosto, 1927, pp. 17 y 29.

543 "La Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura", *Edificación*, núm. 27, mayo-junio, 1939, p. 26. (A partir de marzo-abril de 1939, la revista deja de seriarse con año y número de fascículo —o entrega del año correspondiente— y pasa a un seriado continuo.)

un rango inusual en la historia de la actividad científica y tecnológica local, lo que en buen grado explica el nivel de desarrollo alcanzado en ese campo. Organismos gubernamentales, como la Secretaría de Obras Públicas o las ya mencionadas comisiones de Caminos y de Irrigación, además de las dependencias creadas para tal efecto en algunas compañías privadas, completan un cuadro en el que la transferencia de tecnología constituyó sólo una parte del nivel de avance de esa especialidad. En 1928 se fundó otra de las grandes compañías cementeras, la Compañía Mexicana de Cemento Portland Apasco, y se iniciaron entonces las pruebas de calidad para la construcción de carreteras y de obras hidráulicas.

Paralela y complementariamente a la realización de una ingeniería basada en el concreto, se consumó otra innovación que permitió el empleo y aprovechamiento de estructuras metálicas, si bien sus aplicaciones en México fueron anteriores. Ejemplos destacados de construcciones con estructuras metálicas los encontramos en los edificios capitalinos de Bellas Artes, Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, el Correo Central, la "Mutua"(en San Juan de Letrán); o el edificio "Mosler" en Guadalajara y "La Ciudad de México" en Puebla. En 1889 se había inaugurado el edificio "El Palacio de Hierro", de los arquitectos Ignacio y Eusebio de la Hidalga, considerado la primera construcción de varios pisos —cinco— con estructura metálica importada de Bélgica. Acaso el ejemplo más remoto en el empleo de estos materiales sea el de un pequeño puente cercano a Tasquillo, Hidalgo, fechado en 1880.

El caso es que la construcción a base de estructuras metálicas presentó un desarrollo similar a la del concreto en cuanto a los mecanismos de su promoción. Incluso en el establecimiento de mecanismos de interacción a favor de la especialidad entre empresas privadas y entidades académicas registramos un paralelismo:

> Desde hace algunos años, el señor don Adolfo Prieto, Presidente de la Cía. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S. A., ha prestado bondadosamente su ayuda y dado todo género de facilidades a los alumnos de esta Facultad y especialmente a los que cursan la carrera de Ingeniero Civil, para que tengan la oportunidad de trasladarse a

sus talleres de fundición en la ciudad de Monterrey y puedan hacer provechosos estudios sobre la fabricación de diferentes clases de fierro estructural y la producción de fierro fundido y acero. Además de todas las atenciones que reciben los alumnos de parte de la compañía citada, durante su estancia en dicha ciudad se les proporciona alojamiento, alimentación, etc., prestándose galantemente, tanto los Directores como los ingenieros de la compañía, a proporcionar a los alumnos todas las explicaciones necesarias.[544]

De manea adicional, esta empresa colaboraba con la enseñanza intramuros:

Desde el año pasado [1926] se creó en la Facultad Nacional de Ingeniería una cátedra de Construcciones Estructurales para los alumnos que cursan el tercer año de ingeniería civil, habiendo aceptado el señor Prieto que fuera sostenida por la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey [...] Los alumnos adquieren los conocimientos necesarios para proyectar estas construcciones y calcular el costo, así como para dirigir los trabajos del montaje.[545]

El empleo del concreto armado tuvo injerencia en prácticamente todos los campos constructivos relacionados con la ingeniería civil, presas, puentes, edificios, etcétera, aunque una relativa excepción la constituyó la construcción de carreteras, en donde los costos del Portland resultaban excesivos, por lo que se recurrió a los recubrimientos a base de asfaltos. El impacto fue proporcional en la arquitectura, en donde se vislumbró incluso el advenimiento de una nueva estética basada en el material. Es evidente que los defensores del cemento se encargaron de ponderar esta variable en cuanto a las posibilidades del Portland:

Un material de construcción como el concreto, que es blando, movedizo y sensible a la menor variación en forma y en superficie de cualquier cla-

544 "La Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey S. A. y su cooperación para impulsar los estudios en la Facultad de Ingeniería", *Ingeniería*, I, 1, agosto, 1927, p. 33.

545 *Loc. cit*.

> se de molde con que se pone en contacto, pero que, en cambio, a las pocas horas pierde estas propiedades y se vuelve tan duro como la piedra, es un material que subyuga a la inteligencia y fascina a la imaginación,[546]

decía el arquitecto Frederick A. Hansen, compartiendo y expresando un punto de vista muy extendido en el medio. El potencial del nuevo material estaba abriendo nuevos vasos comunicantes entre ingeniería y arquitectura, incluidos los relativos a los factores de plasticidad.

No está de más mencionar, para cerrar el presente apartado, que la importancia estratégica de la producción y empleo del cemento llegó a expresarse en acontecimientos de tipo político-social, como ocurrió con la fábrica Cruz Azul a principios de los treintas, cuando, a consecuencia de una dinámica de competencia entre esta firma y la Tolteca, se decidió por parte de autoridades estatales un decreto de expropiación "por causa de utilidad pública" que afectó a la empresa hidalguense; el resultado fue que ésta se entregó a sus propios trabajadores, para dar lugar a una sociedad cooperativa que se formalizó el 29 de enero de 1934, con 192 socios fundadores.

Las áreas de aplicación del concreto

Desde una perspectiva cuantitativa, las facilidades que el cemento representaba para la construcción favorecieron una utilización masiva. No es gratuito que un material susceptible de ser producido a gran escala y con bajo costo —en comparación con los costos de materiales tradicionales como la piedra o la madera— y además de fácil aplicación y manejo, haya aparecido justamente durante una era industrializada. Personajes emblemáticos como Le Corbusier —quien en 1917 fundó en París la Sociedad de las Aplicaciones del Concreto Armado— se constituyeron en portavoces de dicha opción y de hecho ayudaron a consumarla con sus realizaciones personales. Como apuntó Le Corbusier,

546 "Fascina", *Tolteca*, 16, septiembre, 1930, p. 192.

> los primeros efectos de la evolución industrial en el edificio se manifiestan por esta etapa primordial: la sustitución de los materiales naturales por los materiales artificiales; los materiales heterogéneos y dudosos por los materiales artificiales homogéneos y probados por los ensayes de laboratorio y que son producidos con elementos fijos.[547]

Otros, como Mies van der Rohe, quien desde 1919 propugnaba por la construcción de edificios con esa técnica y, desde luego, Gropius y la famosa escuela de diseño Bauhaus, desde donde se impulsó de manera entusiasta la idea de construcción masiva y la racionalización de la industria de la construcción para optimar procedimientos y abatir costos, fueron los artífices del nuevo paradigma internacional.[548] Pero lo cierto es que en el contexto mexicano estos elementos característicos de una ingeniería y una arquitectura contemporáneas emergieron y se articularon con la dinámica de proyección social que estaba teniendo efecto a consecuencia de las directrices surgidas del proceso revolucionario, lo que dio lugar a un proceso particular. La definición del nuevo paradigma constructivo se consumó en México por la combinación de una nueva tecnología con circunstancias políticas y sociales que la favorecieron y que se expresaron en un proceso intensivo de construcción de infraestructura, sumadas a un factor comercial determinante: el abaratamiento del cemento medido en costos de mercado. En términos cronológicos este proceso tuvo lugar a comienzos de los años veinte, primero en ingeniería y poco más tarde en arquitectura, en donde parecen haberse interpuesto ciertas consideraciones estéticas en contra.

Hasta donde he podido constatar, el cemento Portland fue empleado por vez primera en México en los trabajos del túnel de Tequixquiac, que, como se sabe, eran parte del proyecto del desagüe del Valle de México. El ingeniero Luis Espinosa, cuya concepción para esa magna obra fue decisiva, relata este acontecimiento de la forma siguiente:

547 Le Corbusier, "Casas en serie", *Edificación*, IV, 2, marzo-abril, 1937, p. 3.

548 Existen desde luego numerosos tratados y compendios sobre este particular. Los datos de este apartado fueron tomados de L. Benevolo, *Historia de la arquitectura moderna*.

> Durante los últimos meses de 1885 venía estudiando la manera de sustituir la mampostería ordinaria de la cubeta [del túnel] con dovelas de piedra artificial, lo cual podría efectuarse aumentando el costo en corta cantidad, en cambio de conseguir mayor perfección y aún facilidades al construir. En la fecha en que la Junta Directiva [del desagüe] recibió las obras, había hecho ya el primer experimento, construyendo un corto tramo de la cubeta en el cual había empleado piedra labrada y piedra artificial. La misma Junta fue ya la que, habiendo tomado conocimiento de mi intento de introducir la piedra artificial en la cubeta del túnel, consultó a la Secretaría de Fomento esa innovación, a la vez que pedía se hiciese un examen pericial de los demás materiales que se estaban empleando en la construcción. El resultado de esa consulta fue el de quedar aprobado el uso de la piedra artificial.[549]

La mezcla en esa primera aplicación fue en proporciones de cuatro partes de arena "limpia" por una parte de Portland.

Es muy probable que este mismo ingeniero y funcionario haya sido el promotor de los primeros cursos sobre concreto armado en los planes de la Escuela Nacional de Ingenieros, ya que la posibilidad y la conveniencia de incorporar estudios especializados en esa materia estaban claramente contempladas desde antes del estallido de la Revolución, según consta en las palabras del propio Salazar, que era entonces director del plantel: "los estudios sobre cemento armado tienen toda mi simpatía por las ventajas que en mi concepto reportarán las construcciones cuando se abarate este procedimiento de construcción, ya tan generalizado en Europa y en Estados Unidos".[550]

El caso es que el uso del nuevo material se continuó propagando, con el aval de instituciones académicas, administrativas y hasta las empresas productoras. Una convocatoria de la compañía Hidalgo, encabezada con el sugerente título de "Reconstrucción Nacional", lanzaba un llamado a renovar no sólo las ideas, sino procedimientos en general en el escenario mexicano posterior a la Revolución:

549 L. Espinosa, "Memoria relativa al Túnel de Tequisquiac", *AAIAM*, 1894, IV, pp. 48-49.

550 "Memorandum al Sr. Ing. D. Antonio M. Anza. Agosto 21 de 1909", AHPM, 1910-IV-307, exp. 1. 2, p. 1.

"Debemos construir, pero construir bien; abandonando los antiguos sistemas, adoptando los nuevos, empleando como material el cemento."[551] Al margen de las evidentes connotaciones comerciales del texto, éste refleja bien el ánimo de los actores involucrados en ese abierto panorama que ofrecía la construcción a base de cemento: había que explorar y explotar todas las posibilidades.

De manera semejante a lo que ocurrió en el contexto europeo, las primeras aplicaciones del cemento se verificaron en obras de grandes dimensiones para uso colectivo, como había ocurrido con la reparación en un túnel del río Támesis realizada por el ingeniero I. K. Brunel, o la construcción del sistema de alcantarillado en Londres, a partir de 1859. A ello se prestaban las peculiaridades del material. Sólo más tarde se procedió a extender sus aplicaciones a dominios particulares relacionados con la vivienda.[552]

Las aplicaciones de carácter militar fueron también motivo de estudios especializados por parte de los ingenieros militares. Ya en 1910 aparecían, en el *Boletín* mensual que comenzó a publicar la Secretaría de Guerra y Marina, textos dedicados al tema, como el de M. González "Ligeros apuntamientos sobre cementos",[553] donde analiza diversas formas de empleo y aprovechamiento de ese material. El asunto atrajo a partir de entonces el interés de los militares por las múltiples posibilidades de uso; así, por ejemplo, en el *Boletín de Ingenieros Militares* que se publicó en mayo de 1932 se dedicaron varios números de la revista a los "Depósitos de concreto armado para almacenamiento de agua".[554]

Durante los primeros años del nuevo siglo, la lentitud en el consumo del cemento estuvo asociada a los costos de fabricación. Las condiciones imperantes en México determinaron que las dificultades

551 "Reconstrucción Nacional", *Excélsior*, 24 de junio, 1923, 2ª, p. 8.

552 *Cfr*. A. Ortega González, *Evolución tecnológica del concreto y la arquitectura contemporánea*. Este autor dice: "El cemento Portland y sus derivados se consolidaron durante este lapso histórico [hasta 1930] como partes esenciales de la vida moderna en nuestro país. La arquitectura mexicana había encontrado en el concreto una esencia moderna y una identidad nacional" (p. 151).

553 M. González, "Ligeros apuntamientos sobre cementos", *BI*, I, 1, septiembre, 1910, pp. 31-38.

554 J. Sánchez Hernández, "Depósitos de concreto armado para almacenamiento de agua", *BIM*, I, 1, mayo, 1932, p. 9.

de transporte —tanto para abastecer el mercado como para hacer llegar los insumos necesarios para la producción— dispararan los precios del producto, por lo que la incipiente demanda fue atendida con el recurso de importación.[555]

La Primera Guerra Mundial jugó un papel importante en la caída de las importaciones, que no se recuperaron sino hasta 1920. Mientras tanto, ocho naciones latinoamericanas, entre las que se encontraba México, consiguieron establecer plantas que funcionaron con regularidad.[556] La Tolteca, Compañía de Cemento Portland S. A. de capital exclusivamente británico, y Cruz Azul, Compañía Manufacturera de Cemento Portland, S. A., resistieron los años de violencia y la depresión en el ramo de la construcción, y continuaron trabajando, aunque la plataforma de producción se deprimió a la mitad de su potencial y se sumó a las razones que encarecieron en esa época los precios del material.[557]

Pasada la contingencia, el consumo del producto creció al triunfo constitucionalista a una tasa cercana a 10 por ciento anual, ritmo muy superior al de la producción industrial en su conjunto, y al del PIB. A principios de los años veinte la Tolteca presentaba una tasa de producción de 1 700 barriles de cemento diarios, mientras Cruz Azul lo hacía a razón de mil barriles. Cabe señalar que las instalaciones de ambas fábricas se encontraban en las cercanías del Distrito Federal, y que por tal circunstancia los precios presentaban una variación considerable en relación con la distancia del mercado. Así se explica la paradoja de que fuese más barato el transporte de cemento desde Inglaterra hasta Guaymas, Sonora, que de las fábricas nacionales a Manzanillo.

Al iniciar la década de los veinte otras dos fábricas se incorporaron a la planta productiva nacional: Compañía de Cementos Hidalgo, ubicada en la ciudad de Monterrey, y Cementos Landa, en

555 El daño al sistema ferroviario dificultó el abasto del combustible necesario —petróleo— para la producción del cemento.

556 Por orden cronológico: Cuba, Guatemala, México, Argentina, Chile, Colombia, Venezuela y Uruguay.

557 *Cfr.* J. de las Cuevas Toraya, *Un siglo de cemento en Latinoamérica*.

la ciudad de Puebla.[558] La primera, con producción de 1 800 barriles diarios, y la segunda con rendimiento máximo de 300 barriles al día. A finales de 1922 se inauguró una quinta fábrica, Cementos Monterrey, con capacidad de producción de 900 barriles diarios. La producción conjunta de esas cinco plantas significó un incremento de 400 por ciento entre 1921 y 1922, y "en tal virtud cabe creer que se estimulará considerablemente el uso del material de construcción, y como se cuenta ya con mejores medios de transporte, los manufactureros se encontrarán en condiciones de abaratar sus precios".[559]

Las compañías comenzaron entonces a emplear sus propios medios de transporte. Tolteca, por ejemplo, contaba con dos locomotoras y 70 carros-tanque; Cruz Azul, con una locomotora y 20 carros-tanque. Para esas fechas, la primera de las compañías mencionadas tenía un pedido de miles de toneladas métricas para la construcción de una hidroeléctrica a cargo de la Compañía de Luz.

La normalización en la producción de cemento se encontraba, sin embargo, todavía desfasada respecto del mercado potencial. A mediados de 1923 se calculaba que la capacidad productora de las cinco fábricas establecidas en México era tres veces mayor que el volumen de venta: 445 665 toneladas anuales, mientras que durante 1922 las ventas alcanzaron sólo 95 500 toneladas.[560] Al mismo tiempo, se fugaban a Estados Unidos y Europa cantidades considerables de dinero por concepto de importaciones; entre 1920 y 1923 fueron importadas 100 mil toneladas de cemento, con un costo de tres millones de pesos, libres de carga fiscal.

Así las cosas, y frente al evidente auge registrado en las construcciones a base de cemento en México, se decidió una campaña para fomentar la venta del producto nacional. Fue creado el Comité para la Propagación del Uso del Cemento Portland, que brindaba asesoría técnica y orientación, en donde participaban las cuatro empresas mayores. De forma casi simultánea, en septiembre de 1923

558 Todas empleaban el procedimiento denominado *en seco*, y usaban piedra caliza y pizarra, con el petróleo como combustible.

559 "La industria del cemento en México ya está prosperando", *Excélsior*, 9 de abril, 1922, 3ª, p. 6.

560 "La importación de cemento extranjero debe evitarse", *Excélsior*, 24 de junio, 1923, 2ª, p. 10.

—al finalizar la Segunda Convención Nacional de Ingenieros, que se celebró en la ciudad de Monterrey— los delegados presentaron dentro de los votos resolutivos la iniciativa de creación de una comisión permanente formada por los ingenieros José A. Cuevas, Ignacio Avilés y Ricardo Monges, la cual pugnaría por conseguir el abaratamiento del cemento y del fierro en la República, sobre las bases siguientes:

> 1) favoreciendo la formación de la Asociación Nacional de Fabricantes de cemento y colaborando con ella en la propaganda de los usos del cemento, hecha exclusivamente con el fin de abaratarlo aumentando su consumo; 2) procurando el establecimiento de una oficina de ensaye, cálculo y proyecto, al servicio de los constructores, y de los estudiantes de la industria y de las escuelas técnicas, donde se estudie el empleo del cemento y del fierro en construcciones de todo género, con el fin de abaratar el precio de ambos materiales aumentando su consumo mediante arbitrios apropiados para facilitar su empleo correcto. Dicha oficina será establecida mediante la cooperación de los fabricantes que estén dispuestos a prestar su contingente, con la cooperación del Gobierno y de las Escuelas interesadas en la enseñanza de las aplicaciones del cemento y del fierro a toda suerte de construcciones; procurando abaratamiento: fletes, envases, protección arancelaria.[561]

Para entonces se había logrado una considerable reducción en los precios del flete ferroviario para el transporte del combustible —petróleo— indispensable para la producción.

Habría que puntualizar que el problema de los costos del cemento no era el único que se interponía para un consumo masivo. La abundancia de materiales tradicionales y la alta capacitación de la mano de obra necesaria para el empleo del Portland constituían también factores de peso, como señalaba un estudio de 1926:

561 "Votos resolutivos emitidos por la Segunda Convención Nacional de Ingenieros", *RMIA*, I, 8, 15 de octubre, 1923, p. 474.

> En México no ha crecido el empleo del cemento en las construcciones, ni en el betón, o concreto, ni en el cemento armado, por diversas causas cuya acción proporcional no sería fácil obtener; y entre las cuales podrían citarse desde luego el alto precio del cemento, la abundancia de cal grasa barata y de muy buena clase, la económica y satisfactoria mano de obra para trabajos de mampostería, así como la facilidad de obtener piedra apropiada para ella, la carestía y mala calidad de la madera para las formas, etc. etc.[562]

Desde luego, el abaratamiento del producto, su mejor distribución en términos de mercado, y las ventajas técnicas fueron elementos que acabaron por imponerse. A partir de entonces —1922— el empleo del cemento evidenció una marcha ascendente. La industria cementera mexicana se desarrolló a tal velocidad que hacia 1925 ya servía alrededor de 85 por ciento de la demanda interna.

De hecho, el nuevo elemento constructivo se convirtió en emblemático de la fase reconstructiva de la Revolución; con bastante razón puede decirse que la construcción a base de concreto es identificable con la edificación del México posrevolucionario. La Granja Sanitaria del arquitecto Villagrán, construida en Popotla en 1925; el edificio de La Nacional de Ortiz Monasterio en 1929; las casas y hospitales de O´Gorman realizadas en concreto armado, hasta el Monumento a la Revolución, concluido por Obregón Santacilia en 1940, son obras emblemáticas de la nueva tendencia.

La euforia desatada a favor del producto derivó con frecuencia en exageraciones y desproporciones, como puede apreciarse, por ejemplo, en un desplegado de prensa de abril de 1922, presumiblemente por iniciativa de la compañía Tolteca, donde se podía leer la siguiente afirmación: "Los cimientos de concreto son, indiscutiblemente, los mejores y sin duda los únicos que siempre y en las circunstancias más desfavorables, pueden cabalmente llenar su objeto. [...] No importa que el subsuelo de México sea malo, habien-

562 L. Pérez Castro, "Horizonte de los Ingenieros Civiles en 1868 y en 1918", *RMIA*, IV, 6, 15 de junio, 1926, p. 304.

do concreto para los cimientos."[563] En otras ocasiones se bordeó el absurdo, como se aprecia en un artículo de la revista *Ingeniería* de septiembre de 1927, donde se aventura que "lejos de ser perjudicial [el polvo de cemento para la salud] contiene elementos curativos para el pulmón";[564] o bien en los textos de anuncios comerciales, que con futurismo hipotético consideraban la posibilidad de transportar algún día edificios pendiendo de un avión, debido a que "están construidos de una sola pieza".

En otro sentido, pero también incurriendo en irrealidades respecto de las condiciones del país, se concibió la aplicación del concreto para la vasta obra pública que estaba por iniciarse.

> Un camino de concreto presenta diversas ventajas. Es de bajo costo inicial y de costo de mantenimiento poco elevado; los materiales de que se hace abundan generalmente; puede construirse con un mínimo de obreros hábiles; tiene una superficie muy pareja, ofreciendo poca resistencia de tracción, pero proporcionando un buen contacto para las llantas de hule. Además, las lluvias no le causan ningún perjuicio, de suerte que caminos de esa especie se tienden con una comba muy ligera.[565]

Los costos del material para satisfacer el programa carretero lo hicieron, a la postre, completamente inviable, máxime que la sugerencia técnica estipulaba de siete a nueve pulgadas de espesor de mezcla rica en concreto. No ocurrió lo mismo con el otro de los grandes programas de obras públicas, el de irrigación, área en que las cualidades, y sobre todo las posibilidades técnicas, resultarían a tal grado ventajosas que se sobrepondrían a los costos.

En efecto, la esfera por antonomasia en la que se utilizó el cemento fue la de construcción de presas. Los conceptos constructivos y las magnitudes registraron ahí enormes cambios cualitativos y cuantitativos que involucraron asimismo actividades experimentales.

563 "Concreto", *Excélsior*, 23 de abril, 1922, 3ª, p. 9.

564 "El polvo de cemento y la salud", *Ingeniería*, I, 2, septiembre, 1927, p. 12.

565 "Se necesitan buenos caminos de autos para el progreso de nuestra patria", *Excélsior*, 6 de febrero, 1921, 2ª, p. 2.

Las grandes obras de irrigación están identificadas en México con el cemento.

Desde luego, hay que precisar que más que al *cemento* habría que referirse al *concreto armado*; es decir, al cemento colado sobre estructuras metálicas. La interacción del cemento Portland con tales estructuras metálicas permitió contrarrestar la baja resistencia a la tensión —generalmente del orden de 8 a 12 por ciento de su resistencia a la compresión—, que dificultaba su empleo para esfuerzos horizontales, como trabes, losas, etcétera y laterales, determinantes estos últimos en la construcción de cortinas para presas. Las armaduras metálicas recubiertas de cemento preparado con agua, arena y piedra en proporciones adecuadas, compensaron de manera satisfactoria la escasa resistencia a la tensión, y conservaron sus excelentes propiedades para los esfuerzos axiales de compresión.

Esta solución técnica fue patentada en 1855 por Joseph Monier, si bien otros constructores como Lambot y François Coignet habían empleado el mismo principio. El propio Monier había construido unas jardineras pocos años antes, utilizando tela metálica bañada en una masa fluida de cemento.

En 1875 Monier construyó el primer puente de concreto armado en Chazalet, Francia, con una luz de 16.5 metros y cuatro metros de ancho. Tres años más tarde, en asociación con Coignet, presentó durante la Exposición Mundial de París varios ejemplos de lo que podría realizarse con el concreto armado: vigas, postes, bóvedas, tubos, etcétera. Para entonces, el *Diccionario de la Lengua Castellana* por la Real Academia hacía tiempo que había incorporado el vocablo *hormigón* para designar una "mezcla compuesta de piedras menudas, cal y betún, la cual es tan fuerte y sólida que dura siglos y tan firme como la piedra".[566] En México no se identificó el procedimiento sino con la designación de origen inglés de *concreto reforzado,* en lugar del uso en España de *hormigón* o en Francia de *betón.*[567]

566 *Diccionario de la Lengua Castellana por la Academia Española*, 6ª ed., Madrid, Imprenta Nacional, 1822.; en la 11ª ed., del año 1869, la definición permanecía idéntica.

567 L. Pérez Castro, "Horizonte de los Ingenieros Civiles…", art cit., p. 305.

A partir de entonces comenzaron a proliferar las propuestas para la configuración de la armadura, y todas siguieron el mismo principio, aunque con algunas variantes de consideración. Para el diseño de losas y trabes, que son los elementos que mayores esfuerzos de tensión reportan, se diseñaron diversos sistemas. El llamado Sistema Monier consistía en una armadura formada por dos series de barras paralelas, redondas o cuadradas, que se cortan en ángulo recto; las inferiores hacían la tarea de barras de resistencia, por ser las que debían soportar el esfuerzo, y las superiores ejercían como barras de distribución, unidas ambas en ciertos puntos de cruzamiento por ataduras de celosía realizadas con alambre de un milímetro de diámetro.

Françoise Hennebique, inspirado en las propuestas de Monier, sistematizó la estructura del concreto armado hasta lograr una articulación monolítica, y consiguió esto a base de barras dobladas en sus extremos para empotrarse a las paredes y entre sí, con aros a manera de estribos a fin de resistir las tensiones locales, lo que abrió un nuevo campo de posibilidades espaciales y estéticas. Este sistema —denominado precisamente *Hennebique*— es el que sería adoptado de manera casi unánime por los ingenieros y arquitectos mexicanos.

En 1922, cuando se propagó en México el empleo del concreto armado, se podía leer en un diario de circulación nacional una afirmación como la siguiente: "La piedra es admirable por su resistencia al empuje; pero la sola idea de que la piedra resista la tensión parece ridícula. La gloria de la ingeniería moderna puede decirse que consiste en que ha mezclado sus estructuras de concreto con hilos de acero. Hoy se pueden levantar edificios de concreto de veinte pisos."[568]

En un tratado de la época difundido en México aparecían ya especificaciones sobre los criterios de armado:

> Hennebique opina que se puede elegir el acero cuando se trata de puntos de apoyo verticales. Para los pisos parécele preferible el hierro número 3 bien laminado que, hasta el día ha dado resultados excelentes.

568 "La influencia del cemento en la civilización contemporánea", *Excélsior*, 4 de junio, 1922, 3ª, p. 6.

Este hierro, en barras redondas, presenta en la fractura una resistencia mínima de 35 kilogramos por milímetro cuadrado y un alargamiento de 12 por 100, medida en 20 centímetros de longitud. Coignet y Tudesco prefieren el acero dulce, a causa de su composición más regular y porque ofrece mayor resistencia, debido al margen que presenta entre su límite de elasticidad y su fractura. Pero se le debe escoger tal que su resistencia a la fractura sea al menos de 42 kilogramos por milímetro cuadrado. Generalmente emúlense aceros dulces que responden a las condiciones siguientes:

Límite de elasticidad aparente por mm…….....……22 kilos
Carga de fractura por mm…….....……42 kg
Alargamiento de fractura en una longitud igual de 15 diámetro ……22%

Pero se puede así mismo emplear aceros de límite de elasticidad y resistencia a la fractura superiores siempre que estos aceros no sean frágiles. El uso de tales aceros puede producir una economía en la construcción, porque su coste no aumenta proporcionalmente el aumento de la resistencia. La superficie de metal de hierro o acero debe hallarse exenta de toda sustancia no adherente, como pinturas, materias grasas, etc., mas se puede empelar barras cubiertas de herrumbre, si la herrumbre se adhiere al metal. La sección de éste no es del todo indiferente. Se debe emplear barras de sección bastante reducida, a fin de que el número de estas barras sea suficiente para asegurar una buena distribución de los esfuerzos entre los materiales asociados, mas no hay que disminuir en extremo la sección de estas barras, porque habría entonces necesidad de aumentar su número, y el apisonado del hormigón sería costoso. El perfil del metal tiene asimismo cierta importancia. Se debe preferir las barras redondas a las cuadradas y las más anchas que gruesas. Efectivamente, aquéllas, siendo de fabricación más regular y más homogénea, se prestan mejor que las otras a la recepción del hormigón, y por consiguiente a la adherencia de éste y la buena conservación del metal, y no presentan aristas capaces de cortar el hormigón o las ataduras metálicas. Para estas últimas empléase alambre de hierro recocido.[569]

569 "Cuáles son los sistemas que más se emplean para las modernísimas construcciones de cemento armado. II", *Excélsior*, 30 de abril, 1922, 3ª, p. 8.

Habría que añadir que otros argumentos a favor del concreto armado se fueron sumando a los de las técnicas de compensación de los esfuerzos de tensión con los metales, al comprobarse un coeficiente de dilatación similar para el cemento y el metal. Los efectos de la temperatura sobre piezas de concreto armado no ponían en riesgo el producto, pues afectaban de forma similar al mineral y al metal. Además se fueron desarrollando teorías acerca de la relación agua-cemento para casos particulares, al constatar que las proporciones entre esos dos elementos daban resultados diferenciados. Este ángulo en las investigaciones sobre el cemento estaba siendo atendido en Estados Unidos por el doctor Duff A. Abrams[570] y divulgado en México por el ingeniero Federico Barona: la curación del concreto —escribió Barona en un folleto— debe durar por lo menos diez días; "la sequía del concreto durante su tierna infancia impide que las posibilidades del material se conviertan en realidades. Si se deja secar recién colado, se interrumpen las reacciones químicas entre el cemento y el agua empleada en la revoltura".[571]

Todas estas circunstancias permiten concluir que para esa época la técnica de construcción a base de concreto armado contaba ya con una base científica.[572] De manera sintética, las propiedades estudiadas principalmente por la Portland Cement Association fueron las que se expresan a continuación:

> Las investigaciones han demostrado que la relación entre la resistencia y proporciones de materiales en el concreto pueden expresarse por los siguientes principios: I. la manejabilidad o plasticidad del concreto es un requisito esencial y debe tenerse en cuenta al proyectar la mezcla. La manejabilidad del concreto está controlada por:

570 Los estudios del profesor Duff A. Abrams fueron publicados por el Lewins Institute y la Portland Cement Association en 17 libretos, los cuales constituyeron una exposición relativamente abreviada y sintética de los resultados obtenidos en no menos de 100 000 experimentos hechos en el Laboratorio de Investigaciones de Materiales Estructurales, bajo la dirección del mencionado profesor, quien desde 1914 estuvo comisionado para realizar la encuesta.

571 F. Barona, "La curación del concreto", *Edificación*, III, 5, septiembre-octubre, 1936, p. X.

572 Ya en 1904 la American Standard for Testing Materials (ASTM) publicó por primera vez sus estándares de calidad para el cemento Portland.

Cantidad de agua en la mezcla
Cantidad de cemento
Tamaño y graduación de los agregados
Combinación de a, b y c

II. En mezclas manejables, la resistencia del concreto disminuye según aumenta la relación agua-cemento. III. Si se usa mayor cantidad de cemento la relación agua-cemento disminuye y la resistencia del concreto aumenta. IV. La resistencia del concreto aumenta cuando se agrega más agregado grueso, siempre que el concreto sea manejable. V. No es necesario que los agregados finos y gruesos tengan una graduación fija.[573]

Así, la combinación de estas técnicas de preparación del concreto, con técnicas de preparación de emparrillados metálicos, fue derivando a una generalización de esa variante constructiva. Varias propuestas y modalidades para las armaduras del concreto fueron apareciendo.[574] Su aceptación en México fue total, al grado de que un ingeniero afirmaba en 1926 que

el éxito de las obras con concreto simple y reforzado es ya completo y definitivo, y su aplicación tiene un alcance general. Ya se olvidaron los tiempos en que eminencias profesionales, como William Brown, Ingeniero en Jefe del *F.C. de Pennsylvania*, criticaba al concreto diciendo que era absurdo triturar la piedra para volverla a aglomerar después; y ahora nadie vacila en emplearlo más y más mientras mayores son la importancia de la estructura, los elementos a la mano y la violencia con que deba construirse.[575]

Así las cosas, el cemento Portland y el concreto armado adquirieron carta de naturalización en el país, y su uso se extendió

573 "Técnica científica del cemento", *Excélsior*, 20 de febrero, 1935, p. 10.

574 Además de los sistemas Monier y Hennebique, se dieron a conocer los siguientes: Bordenave, Bonna, Donath, Müller, Hyatt, Ransome, Habrich, Stotte, Cottancin, Melan, Klett, Wilson, Coularou y Matrai.

575 L. Pérez Castro, "Horizonte de los Ingenieros Civiles…", art. cit., p. 304.

a múltiples ámbitos y generó expectativas para empleos no consagrados aún en la práctica. En 1925 el Comité para la Propagación del Uso del Cemento Portland convocó a un concurso para resaltar las ventajas del material. En este concurso fue presentado un trabajo del ingeniero José A. Cuevas titulado: "Propiedades y ventajas de las estructuras de concreto armado en relación con las de acero estructural", en el que destacaba las siguientes cualidades: "1-aislante; 2- antiexplosible [*sic*]; 3- asequible; 4- compacto y homogéneo; 5- durable; 6- económico; 7- estable; 8- higiénico; 9- impermeable; 10- incombustible; 11- incongelable; 12- inoxidable; 13- moldeable; 14- monolítico; 15- resistente"; y también una escueta relación de las limitaciones: "1- frialdad; 2- sonoridad; 3- no se puede clavar; 4- no se pueden volver a usar los materiales".[576]

El citado trabajo presentaba una suerte de "abecedario" para una extensa relación de las aplicaciones de concreto armado, letra por letra y con una somera descripción de las ventajas:

> Abrevaderos; aceras; acueductos; ademes de minas; albercas; alcantarillas; andenes; almacenes comerciales; arcos; armaduras para techos; atarjeas; azoteas; bancas; bancos; barcos (en 1854 Lambot construyó un bote de concreto reforzado. *Es de desearse y no es remoto el caso, que en México se construyan esta clase de embarcaciones antes que las otras, una vez conocidos los principios que deban presidir su construcción; pues sin duda alguna el hecho de contar con los materiales necesarios para ella, hacen practicable dicha industria entre nosotros.*); bazares; bodegas de mercancías; bóvedas y cúpulas; bóvedas de sepulcros; cajas y depósitos de agua; cajones y bloques para construcciones marítimas a fondo perdido; canales (incluido el de Panamá); carreteras y calzadas; carros de carga de ferrocarril (góndolas o plataformas para transporte de carbón; carros-tanque. Esta clase de muebles se han experimentado sobre todo en Alemania); casas para obreros; casas redondas; cenadores; cimentación; cimentación de maquinaria; cimentación de grandes cañones de guerra; cobertizos de estaciones para máquinas; colectores; columnas; conductos para cables de teléfonos;

576 "Propiedades y ventajas de las estructuras de concreto armado en relación con las de acero estructural", *RMIA*, III, 5, 15 de mayo, 1925, p. 312.

cornisas; cuarteles; cuartos frigoríficos o neveras; cubiertas en bóveda; cúpulas; chimeneas para habitaciones; chimeneas para fábricas; chiqueros; depósitos de municiones; depósitos; depósitos para sustancias minerales sólidas; depósitos de agua; depósitos sépticos; diques; drenajes (tubos); durmientes; edificios; emparrados (pérgolas); entrepisos; escaleras; escuelas; edificios industriales; establos; estaciones; estadios; fábricas; faros; gallineros; garajes; gasómetros (depósitos para gas banaltern); graneros; hangares; hospitales y hoteles; iglesias; institutos docentes; jambas, jagüeyes (para que no falte ninguna letra del abecedario); kioscos; letrinas; malecones; mercados; miradores; muelles; muros; muros de sostenimiento; museos; pabellones; palacios; paraderos; pasamanos de escaleras; pavimentos; pilares; pilotes; pisos; postes; presas; puentes; rascacielos; residencias; rompeolas; salas de conciertos; sarcófagos; semáforos; silos de hormigón; tabiques divisorios; talleres; tanques de provisión de aguas; teatros; techos inclinados; torres; tribunas; tuberías; tubos; túneles; umbrales; viaductos; zahúrdas.[577]

Como corolario, el ingeniero Cuevas aclaraba que el "abecedario" no estaba agotado. El empleo intensivo del cemento rebasó entonces el ámbito propio de la ingeniería para adentrarse en la arquitectura. Las aplicaciones del concreto en arquitectura observaron, en efecto, un proceso más lento que en ingeniería, acaso por no parecer suficientemente estético como material constructivo. En Europa fueron apareciendo construcciones arquitectónicas a base de ese material sólo a finales del siglo XIX, como la iglesia de St. Jean de Montmartre, diseñada por De Baudot en 1894. En México, una de las primeras obras arquitectónicas —acaso la primera— logradas en este material fue El Palacio de Hierro, diseñado por el arquitecto francés Paul Dubois y estrenado el 22 de octubre de 1921, inmueble que sustituyó al original, devastado por un incendio en 1914.

Es probable que ese desdén de los arquitectos por el empleo del cemento fuese imputable al aspecto grisáceo del material, lo que parecía imponerse a los argumentos de Lloyd Wright y otros a favor de los valores estéticos del concreto aparente. En todo caso, emergió entonces la opción de nuevas técnicas para manipular la apariencia

577 *Ibidem*, pp. 315-333. Cursivas del original.

del concreto. En un estudio difundido en la ciudad de México a mediados de 1922 se podía leer la siguiente argumentación:

> Fundamentalmente el concreto es una aglomeración de partículas de piedra que forman una piedra manufacturada, a la cual puede darse el color, la contextura y las características de la piedra natural, además de muchas nuevas características que le son propias y que puede imprimirle el artesano encargado del trabajo. Cuando pensamos en el concreto recordando lo que realmente es, o sea, una verdadera aglomeración de partículas de piedra, en lugar de pensar en él como si se tratar de una pasta mineral gris en la que las partículas de piedra se encuentran completamente mezcladas podremos tener un concepto más claro de su verdadero porvenir decorativo. En la mayor parte de nuestros trabajos nos hemos visto obligados a pensar en el concreto en su estado decorativo, como una pasta que completamente se sobrepone a las verdaderas bellezas de sus ingredientes, pero si pensamos en esta pasta tan sólo lo que une a los fragmentos de piedra, no tardaremos en apreciar las posibilidades de color y de contextura que presenta, así como la forma.[578]

El mismo estudio ofrece una curiosa corroboración de su propuesta, al mencionar el desgaste de las aceras construidas con ese material:

> A veces podemos apreciar la buena calidad de este material en las aceras que se han encontrado en uso durante largos años, y en las que ha desaparecido la superficie lisa de cemento quedando a la vista del mosaico de fragmentos bien pulidos de piedrecillas trituradas. La superficie de esas aceras tiene a veces verdadera belleza, un carácter de una individualidad bien marcado. Pero no sólo en eso, sino que tales aceras, con partículas de piedra considerablemente más grandes que la arena, y unidas entre sí por una firme mezcla de mortero, constituyen un trabajo de carácter tan permanente que es casi eterno.[579]

578 "Las posibilidades decorativas del concreto", *Excélsior*, 9 de julio, 1922, 3ª, p. 6.

579 *Loc. cit.*

Resulta evidente que, además de los factores estéticos, intervinieron otros para explicar ese *boom* de la construcción a base de concreto. La ciudad de México acusaba síntomas de insuficiencia en la oferta habitacional. Las construcciones tradicionales resultaban demasiado costosas en términos de materiales y de mano de obra. Al mismo tiempo, resultaba imperativo atender las demandas de habitación en consecuencia del discurso político de la época, materializando los objetivos de reivindicación social en fórmulas populistas.

En 1925 fue organizada la Feria Arquitectónica de la Construcción e Industrias Afines (FACIA) para "atender todo lo relativo al desarrollo y mejoramiento de la construcción en México y de la casa popular mexicana".[580] Dicho evento, asesorado por el arquitecto José Luis Cuevas, ponía de manifiesto tanto el ímpetu constructivo, como la preocupación a favor de viviendas que hoy llamaríamos de interés social.

A cien años de distancia del descubrimiento del cemento Portland, en la prensa mexicana se podía leer un desplegado con el siguiente contenido: "todos los estudios y todos los ensayos emprendidos hasta hoy en México y en el extranjero durante los últimos años alrededor del problema de la edificación, tienen como norma invariable y como mira principal el hacer descender el costo de la edificación dentro de las nuevas rutas de la arquitectura".[581] Así, el concreto abrió posibilidades en torno a una expansión cuantitativa de la construcción para vivienda, pues permitía sustituir con ventaja las construcciones a base de piedra o madera, y a la vez incursionar en el campo de la vivienda hecha con materiales deleznables.

"Una verdadera fiebre por construir casas se notó en la Ciudad de México a últimas fechas",[582] era el encabezado de un artículo publicado en enero de 1923: "Resulta que uno de los materiales más

580 "Feria Arquitectónica de la Construcción e Industrias Afines", *Excélsior*, 21 de diciembre, 1924, 4ª, p. 5.

581 "La necesidad de introducir en nuestro mercado los nuevos productos de construcción para bajar el actual costo de la edificación", *Excélsior*, 21 diciembre, 1924, 4ª, p. 5.

582 "Una verdadera fiebre por construir casas se notó en la Ciudad de México a últimas fechas", *Excélsior*, 1 enero 1923, Secc. Terrenos, p. 1.

usados es el tabique, por su bajo precio, aunque no es el mejor. El cemento armado que está siendo muy usado en las construcciones es mucho mejor que el tabique y casi resulta tan barato como aquel. La piedra tallada ha quedado relegada."[583] La producción de cemento nacional empezó a expandirse y fábricas como la Tolteca introdujeron reformas técnicas y administrativas para mejorar sus desempeños, además de ampliaciones a su planta productiva.

En otra nota de prensa, que revela de forma muy sugerente el fenómeno que estaba teniendo lugar, se advierte este contenido: "No es sólo en las grandes obras de construcción que el hormigón y los aparatos automáticos que lo manejan se hallan efectuando considerable economía. A pocas cuadras de distancia del sitio en donde estoy escribiendo estas líneas se están edificando una docena de casas de dimensiones medianas."[584] Las casas a que se refería el texto contaban con un área para piso idéntica en todas ellas y el contratista estaba empleando juegos de moldes para las paredes de la cimentación en todas y cada una de ellas. Estaba iniciándose el proceso de construcción en serie.

Otra de las innovaciones estructurales fueron las losas para entrepisos. "Cuando vaya a usted a construir o comprar casa insista en que por lo menos los entrepisos y los techos sean de concreto."[585] Para claros de hasta tres metros, se sugería una losa de diez centímetros de espesor; para claros de hasta cuatro metros, losas de 15 centímetros:

> Al construirla, primero se coloca con cuidado y con exactitud el refuerzo de acero sobre cimbras de madera y después se coloca el concreto de modo que el metal quede perfectamente forrado. La parte baja del piso de concreto presenta una superficie que puede hacerse muy atractiva con pinturas o tinturas; pero si así se prefiere, puede con toda facilidad y economía aplanarse con yeso.[586]

583 *Loc. cit.*

584 "Generalización del concreto armado", *Excélsior*, 18 de enero, 1925, 4ª, p. 7.

585 "Entrepisos de concreto", *Tolteca*, 1930, 16, p. 183.

586 *Loc. cit.*

Se manejaban entonces tres tipos de entrepisos: la losa simple, con un emparrillado de barras metálicas; el de metal desplegado, con vigetas de concreto reforzado colocadas paralelamente, con una losa superior de cinco a ocho centímetros con la posibilidad de emplearse moldes en forma de abrevadero invertido con espacios para la conformación de las viguetas donde se colocarían los refuerzos de acero; y el de bloque, a base de bloques huecos entre vigueta y vigueta.

De forma evidente, el radio de acción del arquitecto aparecía mucho más amplio que el de sus predecesores. Varias inercias —sin embargo— prevalecían en el medio arquitectónico. Una de ellas era el apego a formas y maneras tradicionales de construcción. "Durante los últimos años se ha despertado gran afición por buscar en las líneas de la arquitectura virreynal [*sic*] fuentes de inspiración para las últimas producciones de nuestra arquitectura doméstica."[587] El señalamiento anterior, patrocinado por la Sociedad de Arquitectos Mexicanos, apuntaba, además de a las cuestiones estilísticas, a los costos de producción. Las aplicaciones de concreto armado se comenzaban a introducir en los procedimientos arquitectónicos, pero con carácter complementario; "algunos elementos de las edificaciones se realizan con él, pero tan sólo se ha buscado en este sistema un auxiliar, y no se le ha visto con su carácter moderno de procedimiento único".[588]

Las cualidades intrínsecas de las nuevas técnicas de construcción, sumadas a factores de otra índole que se han mencionado líneas atrás, determinaron al fin que la adopción de la arquitectura a base de concreto armado se generalizara, como no deja de observarse en un estudio publicado a principios de 1937 en una revista de la especialidad:

> La obra arquitectónica produce emociones estéticas, pero su finalidad no es de carácter estético, sino utilitario. Es decir, la calidad de la obra arquitectónica está en función de la utilidad que preste a la sociedad.

587 "En México no se han abordado los problemas constructivos con espíritu moderno", *Excélsior*, 19 de octubre, 1924, 3ª, p. 5.

588 *Loc. cit*.

> El Arquitecto, que posee el conocimiento de los sistemas constructivos, llega a una obra arquitectónica buena, solamente cuando conoce, profundamente y en su sentido más permanente y definitivo, los problemas fundamentales de habitar. Las formas nuevas aparecen como resultado de nuevos métodos de realización y de una nueva temática. La arquitectura moderna funcional es el resultado del conocimiento de los nuevos medios técnicos y de la comprensión de la esencia de la obra misma.[589]

Debemos subrayar el impacto de la aún novedosa tecnología constructiva en los asuntos de índole político-social. Los mismos autores del estudio anteriormente citado avanzaron la propuesta de un programa amplio de construcción de vivienda, "a favor de las necesidades fundamentales de habitación y reunión de la clase trabajadora [...] puesto que la mayoría de los mexicanos viven en jacales, cuartos redondos y vecindades insalubres".[590]

Esta dimensión social del cemento suponía un abaratamiento de los costos; no directamente de los costos del material, sino de los procedimientos constructivos, de manera particular por la aplicación de maquinaria moderna. En un texto publicado a fines de 1924 en una sección de prensa patrocinada por la Sociedad de Arquitectos Mexicanos, justo preocupado por la necesiad de bajar costos, se podían apreciar las consideraciones siguientes:

> al hablar de estos nuevos productos que ayudan a las edificaciones modernas, nos extendemos no sólo a los materiales de construcción sujetos a problemas de estabilidad, sino también a todos aquellos que han aparecido como recursos decorativos, hacia todo ese conjunto de maquinaria que facilita el proceso de las estructuras de concreto armado, que simplifica los grandes trabajos de terracerías [etc.]. En México hemos empezado a emplear parte de esta maquinaria y parte de estos productos, pero el desarrollo de ese mercado ha sido insignificante y las existencias en plaza son siempre tan pequeñas que no es posible que estén en condiciones de abastecer un periodo serio de intensa

589 Aburto, Cacho, Cuevas y Rivas, "El problema de la arquitectura y del urbanismo en México", *Edificación*, IV, 4, julio-agosto, 1937, pp. 8-9.

590 *Ibidem*, p. 9.

> construcción. Podemos asegurar sin temor a equivocarnos, que más de un cincuenta por ciento de los productos que se elaboran en el extranjero para facilitar la construcción, materiales de magnifica calidad excesivamente económicos y de soberbios resultados en la práctica, ni han llegado siquiera a nuestras plazas y no han sido empleados hasta hoy.[591]

Antes, el célebre arquitecto Lloyd Wright había lanzado la idea de cimbras reutilizables para abatir costos en el colado, a fin de impulsar la propuesta de construcción masiva de vivienda.

Otro texto contemporáneo subraya el hecho de que, a falta de maquinaria, la construcción en México se seguía apoyando en el trabajo de los obreros:

> [En el terreno de la maquinaria de construcción] puede decirse que está todo por hacer en México. Nuestros procedimientos de construcción, más bien dicho, las máquinas de las que nos valemos para elevar nuestros materiales, para unirlos, para romperlos, amasarlos, cortarlos, combinarlos, etc. etc. es verdaderamente rudimentaria. Nuestra máquina por excelencia es el hombre, los brazos, los músculos humanos. ¡Que enorme diferencia con lo que se observa en otros países! Introducir en este terreno todo lo que produce la industria moderna, equivaldría indudablemente no sólo a ennoblecer la tarea humana, sino muy especialmente a economizar tiempo y dinero en nuestras construcciones y, por lo tanto, a impulsar las mismas.[592]

En este sentido resulta significativo el mensaje comercial de una de las fábricas más importantes de cemento en el país: "Estamos en una época en que para prosperar necesita uno ser práctico. Necesita uno ser económico."[593]

A pesar de tales limitaciones, las construcciones de concreto se generalizaban de manera rápida en el medio local. En octubre de

591 "La necesidad de introducir en nuestro mercado los nuevos productos de construcción para bajar el actual costo de la edificación", *Excélsior*, 21de diciembre, 1924, 4ª, p. 5.

592 "El Plan General de las FACIAM", *Excélsior*, 21 de diciembre, 1924, 4ª, p. 5.

593 "Tolteca. Anuncio", *Excélsior*, 7 de mayo, 1922, 3ª, p. 4.

1923 se emitió un decreto del gobierno federal y del Distrito Federal —a cargo entonces de Ramón Ross— estimulando la construcción por la vía fiscal: "Se convoca a todos los constructores, capitalistas, empresas, particulares, sindicatos de capitalistas, etc. para que construyan nuevas fincas en el Distrito Federal, gozando de una exención total de contribuciones, predial, federal, y las municipales de aguas, pavimentos y atarjeas y licencias para construcciones, durante plazos [de tres a diez años]."[594]

Otro de los campos en los que se podía constatar este fenómeno era el de edificios. En este sentido, también se partía de antecedentes logrados en otras partes del mundo. En 1922 se había construido el Edificio de las Artes Médicas en la ciudad de Dallas, que se constituyó en el edificio de concreto de mayor altura logrado hasta entonces. Un año antes, en el aeropuerto de Orly, en País, se habían estrenado los enormes hangares parabólicos para dirigibles. En este punto se combinó cabalmente la simbiosis entre cemento y acero.

> Con la eliminación del prejuicio contra los edificios enormes para oficinas comerciales, y con los métodos modernos para construcción con el acero, se ha notado un gran incremento en la producción de acero estructural, y ya en nuestro país se puede obtener la calidad inmejorable, haciendo que su uso se vaya generalizando.[595]

A mediados de 1922, bajo la dirección del arquitecto Miguel Rebolledo, quien era uno de los más entusiastas defensores del uso del concreto, se emprendió una ampliación integral del Hotel Regis, en el centro de la ciudad de México, que proyectó una altura de ocho pisos, tal vez la mayor lograda hasta entonces en el país; "cosa inusitada entre nosotros",[596] decía la nota de prensa que daba noticia del asunto.

594 "Decreto eximiendo de contribuciones a las nuevas casas", *Excélsior*, 6 de noviembre, 1923, VII, 2ª, p. 8.

595 "Sistemas de fabricación de acero estructural para los edificios", *Excélsior*, 23 de abril, 1922, 3ª, p. 9.

596 "Las construcciones de cemento armado tienen un entusiasta propagandista en el Señor Ingeniero D. Miguel Rebolledo", *Excélsior*, 4 de junio, 1922, 3ª, p. 6.

La confianza en el concreto para edificios elevados fue extensiva para fábricas e instalaciones industriales:

> En las edificaciones de fábricas, almacenes, y otras construcciones industriales, da el cemento armado muy buenos resultados. En las fábricas fíjanse fácilmente las transmisiones a los pilares y a las vigas. Cuanto más violentas sean las trepidaciones causadas por las máquinas, más se acercarán unas a otras las vigas principales y las accesorias, de manera que las placas tengan de tres a cuatro metros de luz. Advertimos que con el revestimiento lo único que se logra es encarecer la construcción, es que en general no aumenta la resistencia de los pilares.[597]

El 14 de enero de 1931 un fenómeno telúrico que presentó como foco a la población de Huajuapan de León, en Oaxaca, con daños severos en ese estado, donde se registraron poblados literalmente destruidos, y con daños de menor cuantía en la capital del país, donde se registró una persona muerta y al menos cincuenta derrumbes —entre ellos el garage de la Comisión Nacional de Caminos, en las calles de Campo Florido—, sirvió de manera colateral para reforzar la confianza en las construcciones de concreto, pues varias de ellas que se podrían calificar de "vulnerables" no registraron daños; tal fue el caso del Hotel Regis, "que no sufrió el menor desperfecto",[598] lo mismo que el de un depósito elevado de una fábrica de cerillos, con una altura de 20 metros equivalente entonces a un edificio de diez pisos, que soportaba un tanque de concreto armado con capacidad para 30 mil litros, el que después de una inspección mostró que el inmueble no había sufrido daños; "lo encontraron intacto. No se ladeó ni un milímetro ni encontraron una sola grieta".[599] Había sido diseñado para La Imperial por el arquitecto Rebolledo, y contaba con cimentación, plataforma y pilotaje construido por completo con concreto armado.

597 *Excélsior*, 7 de mayo, 1922, 3ª, p. 4.

598 "Temblor en el DF; hubo un muerto y 50 derrumbes", *Excélsior*, 15 de enero, 1931, p. 3.

599 "A prueba de temblores", *Excélsior*, 18 de febrero, 1931, p. 11.

El avance en la construcción a base de concreto fue exigiendo investigación experimental:

> Dentro de la arquitectura técnica es imposible lograr un resultado satisfactorio si no se cuenta con estudios experimentales de todo orden, realizados previamente. Los conocimientos que nos sirven de base actualmente están tomados de los resultados obtenidos en otros países, y que resultan aproximados y defectuosos en nuestro medio, ya que fueron observados en regiones lejanas a las nuestras, donde los agentes físicos, etc. difieren de los de nuestro territorio. Es de desearse —y parece que ya el Consejo de Educación piensa en el asunto— que se destine una cantidad anual a los gastos de Laboratorios de Experimentación, en cuyos estudios conozcamos realmente cuáles son las condiciones justas a las que debemos sujetarnos al proyectar nuestra arquitectura.[600]

Emergieron en ese contexto diversas empresas privadas que se dedicaron a la fabricación de insumos a base de concreto para complementar y diversificar la construcción. En el orden de las mejoras estéticas aparecieron establecimientos especializados en la construcción de partes como cornisas, tabiques, molduras, balaustres, etcétera, para ofrecer mayor "atractivo a los frontispicios de las casas".[601] En este rubro destacaba entonces en México una fábrica de cemento comprimido bautizada como La Favorita, en cuyos talleres se elaboraban ese tipo de piezas, algunas con apariencia de cantería, y con expertos en su colocación. Esta empresa se hizo acreedora a un premio en la Exposición Internacional de Río de Janeiro.

Los tubos de asbesto-cemento fueron otra de las innovaciones de la época. Desarrollados originalmente en Italia, los ingenieros mexicanos entraron en contacto directo con sus constructores a través del ingeniero Juan Portilla Lascurain, quien fuera comisionado por el Banco Nacional Hipotecario, Urbano y de Obras Públicas

600 L. Noriega Stávoli, "Gabinetes de experimentación", *Edificación*, II, 6 y III, 1, noviembre-diciembre, 1935-enero-febrero, 1936, p. 5.

601 "El cemento comprimido en las construcciones modernas", *Excélsior*, 25 de noviembre, 1924, Secc. Especial, p. 1.

para estudiar la técnica de los tubos de asbesto-cemento y la utilización que de ellos pudiera hacerse en nuestro país. A principios de 1936 se trasladó a Italia. La patente, vendida a Alemania, aseguraba que tales productos "no se oxidan, no se deterioran por fenómenos electrolíticos, no los atacan las aguas alcalinas, son ligeros, son económicos, etc. sirven para acueductos y albañales, etc.".[602]

Los tubos eran fabricados con cemento y asbesto en fibra. Las fibras formaban una especie de armadura que daba gran resistencia a los esfuerzos de tensión. El reporte técnico de la comisión preveía lo siguiente:

> La fábrica que se va a instalar en México está en condiciones de poder hacer el tubo tan bueno como el italiano: 1) el cemento es comparable al italiano y el asbesto el mismo que se emplea en Italia; 2) la maquinaria será la misma; 3) viene a México un experto italiano a enseñar los métodos.[603]

La fábrica ya instalada recibió el nombre comercial de Techo Eterno Eureka, y fabricaba tubos de cuatro clases: para albañal, atarjea o colectores; para presión a cinco atmósferas; para presión a diez atmósferas y para presión a 15 atmósferas. Esa misma fábrica hacía láminas acanaladas para techados.

Otra de las aplicaciones del cemento se refiere a la fabricación de postes, aplicación que pronto gozó de mucha aceptación:

> Los postes de concreto que fabrica y emplea la Compañía de Luz y Fuerza Motriz, tienen una altura de 10.7 metros y un diámetro de 30 centímetros en la base y 15 en la punta. Son huecos. El diámetro del anillo por dentro es de 7.5 centímetros en la base y 5 en la punta. Cada poste pesa 700 kilogramos. Están armados con 4 varillas de fierro corrugado de 13 milímetros por 10.7 metros cada una, y 4 de 13 milímetros por 9.1 metros, alternándose las largas con las cortas, distribuidas uniformemente por medio de 11 discos proporcionales y espaciados transversal-

602 J. Portilla Lascurain, "Una industria nueva: tubos de asbesto cemento", *RMIA*, XV, 2, febrero, 1937, pp. 75-94.

603 *Ibidem*.

mente. Las cortas quedan respecto de las largas a 46 centímetros arriba de la base y a 91 abajo de la punta.[604]

Desde febrero de 1926 las compañías de Luz y Fuerza Motriz y de Tranvías de México adoptaron el poste de concreto para todas sus nuevas líneas de transmisión en el Distrito Federal, así como para la reposición de todos los postes de madera y fierro que fueran quedando inservibles.[605] Para 1930 estas dos compañías habían fabricado y colocado 5 863 postes de concreto para transmisión de fluido eléctrico, 530 postes de concreto para tranvías y 22 985 durmientes, también de ese material.[606]

El nuevo paisaje urbano se completaba con la construcción masiva de banquetas. Ésta fue otra de las aplicaciones de gran popularidad, especialmente en las grandes ciudades del país. Para las banquetas de concreto, empleadas en Europa y Estados Unidos desde décadas atrás, la norma establecía procedimientos toda vez que "todavía se cometen errores de construcción muy fáciles de evitar".[607] Se recomendaba no hacer la banqueta de una sola pieza, sino con un conjunto de losas independientes, no mayores de dos metros de lado, y de una o dos capas; la primera con un espesor mínimo de 10 centímetros y la segunda con un mortero de dos partes de arena para cada parte de cemento, colocada sobre la otra no más de una hora después para asegurar el sellado. Las losas así preparadas se curaban a las pocas horas del colado, cubriéndolas con una capa de arena suelta, mojada dos o tres veces diarias durante una semana.[608] En la práctica, las especificaciones para la construcción de banquetas fueron aún más rigurosas, como se desprende de la convocatoria presentada por el Ayuntamiento Constitucional de México para la construcción de 20 mil metros cuadrados de banqueta de cemento a mediados de 1922:

604 "Necesario", *Tolteca*, 14 de marzo, 1930, p. 151.

605 "Justos," *Tolteca*, 14, 1930, p. 155.

606 "Todas", *Tolteca*, 15, 1930, p. 166.

607 "Banquetas de concreto", *Tolteca*, 14, 1930, p. 152.

608 *Loc. cit.*

> la consolidación del subsuelo se hará con rodillos y pisones de mano. La banqueta propiamente dicha se compondrá de base de concreto y capa superficial de mortero. Espesor de 6 cm a proporciones 1:3:6 y una capa de mortero a colocar sobre la base de concreto antes de cuatro horas de fraguado, con dos cm de espesor en proporciones 1:2:5, espolvoreando sobre ella cemento en polvo.[609]

Las cualidades reconocidas en el concreto condujeron a aplicaciones cada vez más ambiciosas. El carácter incombustible del material, por ejemplo, llevó a pensar que se podría realizar construcción a prueba de fuego. Se concibió, de esta manera, iniciar un programa de sustitución de puentes, reemplazando puentes pequeños por estructuras de concreto.[610]

Una más de las buenas ventajas enumeradas por los promotores del uso del cemento fue la de poder emplear la propia construcción como sucedáneo del pararrayos: "por otra parte [estas construcciones] hállanse al abrigo de los terrible efectos del rayo. Los materiales dan libre curso al fluido eléctrico; la descarga se extiende por el tejado y luego, siguiendo las armadoras, pasa por las paredes y los pilares y desaparece en tierra dividida en múltiples hilos".[611] El requisito, según los términos de esa argumentación, sería el de construir todo con el concreto: "naturalmente, si el tejado no es de cemento armado, aunque lo sea el resto de la construcción, habrá de protegerse ésta por medio de un pararrayos".[612]

Desde luego se tendría que señalar que a pesar de los avances y mejoras en los procedimientos de construcción en México, y de la amplia difusión de parámetros técnicos por parte de organismos gremiales, empresas y entidades académicas, diversas insuficiencias y errores continuaban registrándose en los trabajos de arquitectura —no en los de ingeniería— por razones imputables a la falta de personal calificado en la supervisión e incluso en la responsabilidad de las obras:

609 "Ayuntamiento Constitucional de México. Convocatoria para la construcción de banquetas de cemento", *Excélsior*, 13 de agosto, 1922, p. 10.

610 "Los incendios de puentes van a ser imposibles", *Excélsior*, 16 de marzo, 1920, 2ª, p. 1.

611 "Cuáles son los sistemas que más se emplean para las modernísimas construcciones de cemento armado", *Excélsior*, 30 de abril, 1922, 3ª, p. 6.

612 *Loc. cit*.

> Cuando intervienen ingenieros, arquitectos o contratistas competentes y cuidadosos, se observa en las obras todas las reglas del arte; pero como en multitud de trabajos, por ignorancia o descuido, sigue siendo notorio el desperdicio que se hace del cemento, unas veces por una economía mal entendida de parte de los propietarios y otras, en muchos lugares, por la falta de constructores técnicos vigilantes… Al parecer, la labor educativa desarrollada en el pasado, durante ocho años consecutivos por las revistas *Cemento* y *Tolteca*, no fue lo suficientemente extensiva para corregir en gran escala los errores en el empleo del cemento.[613]

Esa problemática no afectó ni incidió en el campo de la ingeniería civil, dado el nivel de exigencia y de competencia que requerían ese tipo de trabajos, además de la seriedad con la que se desempeñaban los organismos responsables de ellos.

En ese terreno se procuró no dejar margen a la improvisación; por el contrario, los estándares de exigencia que se hicieron patentes en los ambiciosos proyectos de infraestructura llegaron en ocasiones a mejorar y superar parámetros extranjeros, como resultado de investigaciones locales sobre realidades locales. En el terreno de la investigación sobre cualidades del cemento la figura principal de la época fue el ingeniero Federico Barona, autor de varios estudios como *Control y proporcionamiento del concreto*, así como de múltiples trabajos de divulgación en prensa y revistas especializadas. Ocupó Barona diversos cargos desde los cuales incidió en la práctica mexicana especializada en cemento, como jefe del Servicio de Inspección de Materiales, dependiente de la Dirección General de Obras Públicas del Distrito Federal, y más tarde como responsable de estudios especializados para construcción de obras de irrigación, precisamente en la Comisión Nacional.

En efecto, el salto cualitativo en lo que respecta a la investigación sobre características y aprovechamientos del cemento tuvo lugar en México una vez que se pusieron en marcha los proyectos de infraestructura encomendados a la Comisión Nacional de Irrigación. La importancia que este organismo le concedió al material

613 "Técnica Científica del Cemento", *Excélsior*, 23 de abril, 1935, 2ª, p. 8.

de construcción fue tal que fueron designadas comisiones especiales para inspeccionar fábricas de cemento con el fin de adquirirlas, o bien yacimientos de materia prima para establecer una fábrica nueva. Desde luego que en esta alternativa para abastecerse del material jugaba un papel importante la cuestión del transporte hasta los lugres elegidos para construir, pero no cabe duda de que, por encima de cualquier otro criterio, se estaba procurando la calidad óptima.

El reporte que para tal efecto presentó el ingeniero Marcos G. Nava en marzo de 1926 sobre la fábrica Cementos Portland Monterrey mostraba los valores que se observan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Minerales que integran el cemento de Cementos Portland Monterrey

	Carbonato de cal %	*Sílice %*	*Peróxido de fierro y aluminio %*
Caliza	97.39	1.22	0.57
Marga amarilla	14.64	58.39	22.57
Marga negra	15.16	56.86	22.45

Fuente: "Informe sobre fábricas de cemento. Ing. Marcos G. Nava. CN de I. Marzo 1926", APEC, Serie COM, exp. 198, inv. 751, leg. 1, p. 20.

La acuciosa inspección a dicha fábrica incluyó el análisis de almacenes de caliza y marga, secadoras, depósito de materiales secos, molienda de material crudo, depósitos de material crudo molido, horno rotatorio y enfriador de clinker (era de la casa Wilkes-Borre, de Pensilvania, de 2.70 metros de diámetro por 36 metros de largo, y tardaba de 1.5 minutos hasta 3 como máximo para efectuar una revolución, con capacidad de producción en 24 horas de 132 toneladas de clinker), almacenamiento de clinker, empaque y remisión, combustible, departamento de transformadores y laboratorio.[614] Asimismo fue visitada una hacienda en el estado de Coahuila paraestudiar criaderos de caliza y marga "y dictaminar sobre el establecimiento de una fábrica de cemento Portland".[615]

614 Véase la misma fuente y página del cuadro.

615 *Loc. cit*.

Lo detallado de los estudios sobre el producto constituye una evidencia de la importancia que el organismo público concedía al programa constructivo que estaba por iniciar. A partir de entonces las investigaciones sobre propiedades del cemento y sus técnicas de aplicación fueron constantes. A la postre, la Comisión Nacional de Irrigación optó por abastecerse de cemento producido por fábricas ya establecidas, si bien en algunos casos el organismo devino en una especie de cliente exclusivo.

Así, el programa de construcción de obra hidráulica tuvo impacto en diversos órdenes del desarrollo de la ingeniería relacionada con el cemento Portland. Tomando como ejemplo una de las obras más emblemáticas del periodo y una de las más ambiciosas desde el punto de vista técnico, la gran presa de La Angostura en el estado de Sonora, podemos constatar resultados experimentales que van desde el diseño de la inmensa cortina, con técnicas de colado de concreto de bajo calor, sistemas de hidratación del colado, técnicas de construcción de los cajones para colado, etcétera, hasta la intervención de la Comisión Nacional de Irrigación en los procesos de fabricación de cemento para una planta local que habría de convertirse en proveedora casi exclusiva del material necesario para la presa.

En efecto, construida a base de dovelas para colados de 1.50 metros, sobrepuestas, y con técnicas de fraguado lento, la cortina de La Angostura había tardado un año en alcanzar 48 metros de altura sobre su propia cimentación, aunque había sido calculada para un año más de construcción. Contaba con atomizadores de agua insertados en tuberías de tres cuartos de pulgada colocados a 60 centímetros fuera de las aristas, previstos para hacer circular agua de forma constante durante los 28 días posteriores al colado.

Para entonces se había construido ya la presa Rodríguez, sobre el río Tijuana, en Baja California, que fue la primera en la República en donde la revisión del cemento se efectuó de manera sistemática. La base técnica había aprovechado los trabajos de un ingeniero de Boston de apellido Kennedy, quien había desarrollado un método de proporcionamiento bajo la tesis de que a cada tipo de agregados y revolturas corresponde un módulo de finura óptimo para el agregado total. El ingeniero Barona se encargó de aplicar ese método "con

buen éxito" en la presa Rodríguez desde 1928 y más tarde en La Angostura.

Al principio de la construcción de la presa Rodríguez, en abril de 1928, se hablaba de usar concreto 1:2:4 para alcanzar una resistencia de 140 kg/cm^2 calculada para 162 mil metros cúbicos en volumen total de construcción; tales proporciones hubiesen significado un consumo de cemento de 162 mil metros cúbicos por 340 kg/m^3 equivalentes a un total de 55 080 000 kilogramos que a razón de 37 pesos tonelada (45 centavos de dólar por saco americano de 42.64 kilogramos) arrojarían un costo de 2 037 960 pesos mexicanos.[616]

Con el objeto de investigar proporciones más económicas, que permitiesen alcanzar la misma resistencia especificada, se instaló en la obra un pequeño laboratorio de concreto, en el cual se proporcionaron los materiales disponibles, hasta lograr alcanzar la resistencia pedida con una proporción aproximada de 1:2.3.4.8 y con un consumo de cemento de 300 kg/m^3. De haberse usado esta proporción, el consumo de cemento se hubiera limitado a 48 600 toneladas; pero la reducción fue aún más lejos, pues al iniciarse la construcción se estableció una revisión estricta sobre la producción de agregados y de concreto, con un excelente resultado, pues se observó que en esas condiciones de comprobación rigurosa, la fórmula de Abrams resultaba demasiado conservadora y que, sin detrimento para la resistencia, podía sustituirse por la siguiente: $f_{c'} = 980/6^{a/33}$.

Trabajando con esta nueva fórmula se logró asegurar la resistencia especificada y reducir el consumo de cemento a 240 kg/m^3 (concreto 1:3:6 aproximadamente). En estas condiciones se construyó la mayor parte de la obra, con un consumo total de cemento de unas 40 mil toneladas, o sea 1 480 000 pesos, y se logró una economía de 15 mil toneladas de cemento. En la última etapa de la construcción se implantó el uso de vibradores de inmersión, que permitieron la colocación de revolturas más secas.

616 Datos tomados de F. Barona, "Proporcionamiento del concreto", *Edificación*, III, 4, julio-agosto, 1936, pp. 23-36.

La técnica desarrollada en esta obra fue ampliada y aplicada después en la construcción de la presa Boulder, en Estados Unidos. El buen éxito obtenido en la presa Rodríguez motivó a la Comisión Nacional de Irrigación a dar seguimiento a rigurosas comprobaciones de las cualidades del concreto en todas sus obras. En su Laboratorio Central de la ciudad de México se empezaron a recibir muestras de los agregados que se pretendía emplear en otras obras, a fin de asegurar proporcionamientos adecuados para obtener garantías de resistencia, impermeabilidad, facilidad de manejo, etcétera, a costos reducidos. Así, en las respectivas obras, se preparaban cilindros de concreto para determinar su resistencia o discos para medir su impermeabilidad, los cuales serían remitidos al Laboratorio Central para fijar los estándares respectivos.

Este método se empleaba ya en la presa de Pabellón, en Aguascalientes; la losa de impermeabilización de la presa de enrocamiento de Taxhimay, Hidalgo; el sifón de Villanueva en el Sistema Nacional de Riego número 4, en Nuevo León, y en multitud de obras menores. En la presa de derivación de Pabellón, con un arco de concreto, se alcanzó una resistencia elevadísima de 350 kg/cm^2. La presa de Taxhimay se construyó de enrocamiento, impermeabilizado en el lado de aguas arriba, por una losa de concreto con un espesor, en la parte más baja, de 40 centímetros donde la presión era de 44 metros de columna de agua. En el extremo superior el espesor se redujo a 20 centímetros. La losa se construyó con concreto de 30 litros de agua por saco de cemento, en una proporción de 1:2:3, con un consumo de cemento de 370 kg/m^3. La prueba de permeabilidad registró una presión de 70 metros de columna de agua.

La investigación especializada en concreto derivó así a una práctica normal en la ingeniería mexicana. Es evidente que los recursos disponibles para la investigación de ese tipo en Estados Unidos permitían el establecimiento de parámetros que sugerían o facilitaban la simple transferencia, pero, a diferencia del acontecer tecnológico en otras áreas, la investigación original en México se ajustó a especificidades locales. Desde las características del suelo mexicano, pasando por las materias primas, hasta factores relacionados con la economía y los costos de construcción, fueron elementos que juga-

ron un papel en la investigación local y que permitieron mantener altos niveles de confiabilidad en las construcciones domésticas, si bien el intercambio y la interacción entre ambas comunidades especializadas —verificados a través de convenios y de relaciones entre organizaciones gremiales de los dos países— dieron lugar a una constante actualización.

A finales del periodo que nos ocupa —en las postrimerías de la década de los cuarenta— el espectro temático y la profundización en las posibilidades de empleo del material habían dejado atrás fases que conservaban un cierto contenido empírico, para adentrarse en una fase eminentemente científica. Como señaló el delegado mexicano de la Comisión Nacional de Ingenieros en la Convención del Instituto Americano del Concreto en 1940:

> Pasó ya para el investigador la época en que la resistencia del concreto era indeterminada; con relativo cuidado nos es ahora posible proporcionar revolturas y especificar cementos que nos aseguren cualquier resistencia requerida, hasta valores tan altos como 400 kilogramos/centímetro cuadrado; pero quedan todavía importantes problemas en los procedimientos de construcción (casos de desintegración debidos principalmente a defectos del concreto que permiten entrada de agua, que al congelarse dentro de los poros va aflojando la estructura interior, etc.).[617]

El propio Barona elaboró el siguiente informe sobre la citada Convención:

> Observamos que al iniciarse 1940, las investigaciones de concreto florecen en los EU de América hasta un máximo nunca antes alcanzado. Exígense del concreto trabajos inusitados: presas de gran altura; grandes bloques de longitudes de hasta 70 metros que no deben agrietarse; superficies que deben resistir la erosión del agua que pasa a velocidades de 50 metros por segundo, y moles de 8 millones de metros

617 F. Barona, "Convención anual del Instituto Americano del Cemento", *RMIA*, XVIII, 5, 24 de mayo, 1940, p. 217.

cúbicos calculadas para trabajar estructuralmente como monolitos. El Instituto presentó 242 proyectos de investigación en los que se estaba trabajando.[618]

El cuadro de las investigaciones reportadas a esa misma convención da una idea clara del nivel de frontera que se estaba manejando en relación con las investigaciones sobre cemento: 1. Materiales de construcción (61 investigaciones): a) agregados (29); b) cemento (16); c) admixturas y auxiliares (16). 2. Métodos de construcción (42 investigaciones): a) mezclado y colación (vibrado) (28); b) curado (14). 3. Propiedades del concreto (93 investigaciones): a) resistencia (23); b) elasticidad y plasticidad (7); c) cambios volumétricos (12); d) permeabilidad (16); e) durabilidad (35). 4. Concreto reforzado (46 investigaciones): a) adherencia (8); b) pisos y losas (8); c) general (30). Total: 242 investigaciones, de las cuales 113 de ellas se hacían en universidades y colegios técnicos; 83 en departamentos constructivos del gobierno y 12 en fábricas productoras.

En la misma convención se concedió medalla por el trabajo de investigación más valioso al ingeniero T. C. Powers, de la Portland Cement Association, por su investigación relativa a la decantación de las revolturas. A este respecto es interesante notar la tendencia de la Portland Cement Association para dedicarse a investigaciones de carácter fundamental, o sea, al estudio de fenómenos que se presentan en el concreto o en los cementos, buscando su explicación científica, aun cuando aparentemente la investigación respectiva no estuviera ligada con la resolución de problemas prácticos. El objeto era llegar al conocimiento de los verdaderos principios o leyes que determinan los fenómenos y, una vez conocidos éstos, en el futuro derivar múltiples aplicaciones prácticas del conocimiento fundamental.

Otra investigación importante de la Portland Cement Association era la estabilización de tierras mediante cemento. La finalidad buscada atendía a la consecución de caminos baratos que no produjeran polvo ni se desintegraran con el agua, y efectivamente las mayores aplicaciones que hasta entonces se habían hecho eran en

618 *Ibidem*, p. 213.

caminos; pero también en la construcción de presas se podía utilizar ventajosamente la estabilidad del cemento, como la Comisión Nacional de Irrigación lo había hecho en la presa de El Palmito para mejorar la junta entre la cimentación resquebrajada en algunos sitios y el terraplén. En la presa El Azúcar se había utilizado también para rellenar algunos caídos en el túnel de desviación. Uno de los ingenieros del Laboratorio de Irrigación se había ya dedicado al estudio de la estabilización. Cabe mencionar aquí que uno de los efectos colaterales de la investigación para la construcción de presas fue el inicio de los estudios en México en materia de Mecánica de Suelos.

Barona —quien había ya publicado en México un trabajo acerca de "La curación del concreto"— sugirió investigar sobre "Sellados de grietas o de juntas de contracción en el concreto, mediante cemento o reactivos químicos. Transmisión de esfuerzos: cortante, de compresión y de tensión a través de las grietas o juntas tratadas o sin tratar. Permeabilidad a través de las mismas."[619] En las presas se estaban rellenando las juntas de construcción mediante inyecciones de lechada de cemento.

Otra cosa que la experiencia accidentalmente enseñó es que el llamado cemento de "pozo petrolero", de fraguado lento para poderse manejar a elevadas temperaturas que se presentaban en el fondo de los pozos, y cuidadosamente cernido para eliminar todas las partículas mayores de 149 micras (cedazo número 100), constituía un excelente material para inyectar las juntas de contracción por la facilidad con que podía ser bombeado.

Para completar este apartado habría que mencionar que, a partir de que el uso del cemento Portland se fue haciendo del dominio público, un buen número de "inventos" sobre aplicaciones del material fueron patentados en México. La mayor parte de ellos se antojaban inviables, o eran reproducciones de otros inventos con mínimas variables, pero en todo caso se percibe que el material fue fuente de inspiración. A continuación y sólo con el afán de ilustrar al respecto, transcribo algunas de tales patentes:[620]

619 F. Barona, "La curación del concreto", *Edificación*, III, 5, septiembre-octubre, 1936, pp. 14-22.

620 Los datos que aparecen a continuación son parte del Ramo Patentes y Marcas del AGN.

Puentes de caballetes desmontables de cemento armado

Clase	*Legajo*	*Exp.*	*Fecha*	*Patente*	*Autor*	*Profesión*	*Dibujo*
81.7	289	64	7 enero 1919	17834	Carlos M. Blanco	Ingeniero civil	2

Estas estructuras propuestas por mí tienen la ventaja de que pueden ser utilizables para varios puentes, pues construyéndolas de madera como hasta la fecha se acostumbra, éstas se destruyen fácilmente por la humedad, el fuego o por cualesquiera otra causa, lo que no pasa con las de cemento; porque por su misma resistencia son casi de duración indefinida.

Cuando no se quiere utilizarlas en un puente determinado se pueden cambiar a otro, a otros y seguir prestando las mismas ventajas. En resumen, se puede decir, que con este sistema se resuelve el problema de la economía en las estructuras de esta clase de puentes y la facilidad para su recreación pudiéndose transportar del almacén al sitio en que se desee y armarse fácilmente allí sin necesidad de hacer cortes ni cambio de dimensiones; sino simplemente sujetarlas por las piezas de fierro dispuestas al efecto y de las que hablaré en seguida. [Foja.2]

1.- La construcción de las piezas constitutivas de los puentes de caballetes de cemento armado desmontable que consisten: en paralelepípedos de cemento, teniendo en su interior unos fierros de la resistencia conveniente y dispuesta de manera apropiada.

2.- La unión de estas piezas por medio de placas de fierro y tornillos o de cualquiera otra manera colocadas (...) [Foja.3]

Un sistema de construcción de cemento armado

Clase	*Legajo*	*Exp.*	*Fecha*	*Patente*	*Autor*	*Profesión*	*Dibujo*
81.7	289	66	24 febrero 1920	18894	Alberto H. Olivier		1

Mi invención se refiere a construir obras de cemento armado, por medio de piezas o secciones que se arman en el lugar deseado y en concentrar las cargas de la construcción, en lugares determinados de la misma, aligerando por este medio las partes de la construcción donde no están concentradas las mencionadas cargas.

Los objetos de mi invención son los siguientes: Primero, obtener la ligereza y economía en la construcción, por medio de la determina-

ción de los diferentes espesores que se den a cada parte de la obra, se disminuyan en una gran proporción por el uso de piezas fabricadas de antemano. [Foja.1]

En otros casos —los menos— ingenieros renombrados incursionaron en el ramo de Patentes con productos de su inventiva, como Modesto Rolland:

Una viga hueca de cemento armado para la construcción de pisos y techos

Clase	*Inventor*	*Fecha*	*Profesión*	*Legajo*	*Exp.*	*Pat.*	*Dibujo*
81.4	Rolland, Modesto y Anchondo, José D.	13 junio 1914	Ingenieros	285	01	15139	0

1a.- Una viga hueca de cemento armado, en combinación con una dala mixta de cemento armado y arcilla recocida en cualesquiera de sus formas propias para construcción, ya sea juntas o separadas la una de la otra, para la construcción de pisos o techos; estando esta viga hueca reforzada por varillas de fierro o alambre y ahogadas en cemento [...]
2a.- Una viga hueca de cemento armado, [...] que se emplea en combinación con una dala mixta de cemento armado o bien separada la viga de la dala, estando la dala compuesta de tabiques u otro material de arcilla recocida, en combinación con una viga de cemento armado, quedando así formada la dala, teniendo esta dala, viguitas [*sic*] de cemento, que constituyen su armazón [...]
3a.- En la construcción de pisos y techos, el empleo de vigas huecas de cemento armado y dalas también de cemento armado, empleadas juntas o aisladamente... y constituyen el principal objeto de nuestra invención [...] [Fojas 1 y 2]

Una nueva y útil disposición para armar las secciones de las vigas de cemento para la construcción de pisos y techo

Clase	*Inventor*	*Fecha*	*Profesión*	*Legajo*	*Exp.*	*Pat.*	*Dibujo*
81.4	Vergara, Bartolomé	22 enero 1920	Ingeniero Civil	285	99	18799	

> Mi invento se refiere a la manera de disponer las piezas que forman las vigas o nervaduras de un piso o techo de cemento armado, cuando estas nervaduras forman una cuadrícula. Tiene por objeto facilitar la construcción de estos pisos o techos, haciendo que no sea necesario emplear varillas de forma especial [...] construcción de pisos o techos de cemento armado, de emparrillado formado por secciones de viguetas que forman una cuadrícula, el empleo de perforaciones lisas o provistas de ondulaciones o rugosidades, que corren a lo largo de las piezas, para alojar las varillas metálicas que sirven de refuerzos a estas estructuras.

En fin, lo que se puede decir sobre Patentes —y si bien esto requeriría un estudio particular— es que en esa época proliferaron en torno a las aplicaciones del concreto, aunque todo parece indicar que tales iniciativas no se materializaron en forma práctica y menos devinieron en prácticas comerciales.

Los otros materiales: bituminosas para carreteras y acero estructural para edificios y puentes

El advenimiento de las nuevas tecnologías en el campo de la construcción no se constituyó en el factor exclusivo para su adopción y empleo en la etapa de desarrollo de la ingeniería mexicana. El cemento Portland resultó idóneo para la construcción de presas, pero otros materiales característicos de la época prevalecieron en las preferencias de los constructores —no sólo los ingenieros— por motivos diferentes a los de sus cualidades técnicas. No hay que profundizar demasiado para concluir que en la construcción de presas la relación costo-beneficio operó a favor del uso del cemento. Aquí podemos mencionar que en septiembre de 1923, en vísperas del auge constructor que siguió a la instalación de la Comisión Nacional de Irrigación, se produjo la ruptura de la cortina de la presa llamada La Caja, en las cercanías de Querétaro, que causó enormes daños por

inundaciones.[621] Sólo la base de esta construcción era de mampostería, y el resto de tierra, por lo que su funcionalidad resultaba cuestionable, en contraste con las cualidades de una cortina de concreto armado.

Esa lógica no prevaleció en el caso de las carreteras, que como sabemos fue el otro de los grandes polos de actividad constructiva. Las ventajas de utilización del concreto eran bien conocidas aun antes de que el automóvil se popularizara, si bien esta aplicación fue concebida originalmente para calles citadinas, tomando en cuenta que en los principios de siglo la opción por antonomasia para trasladarse por el territorio nacional seguía siendo el ferrocarril. No obstante, la idea de construir carreteras comenzaba a ganar adeptos:

> El rápido progreso material y mercantil de la República vecina del norte y de las naciones europeas se debe seguramente a las facilidades de comunicación, que dan completa libertad para las transacciones mercantiles y el cambio rápido de sus productos, gracias no sólo a sus ferrocarriles, sino también a sus caminos.[622]

Fueron dos los factores que se combinaron para que en el gran programa carretero se dejara de lado el cemento como material principal: los costos del material y la disponibilidad de derivados del petróleo denominados "materiales bituminosos", que podían ser de tres tipos: petróleos, asfaltos y alquitranes. "En las zonas explotadas del país se pueden obtener esos materiales en las refinerías del petróleo, pues precisamente se aprovechan los residuos de las refinerías, que están formados por bitúmenos nativos sólidos y semisólidos, a los que hay que sujetar a un tratamiento especial."[623] Era frecuente la incineración de esos derivados, por ser considerados "desperdicios del petróleo".

621 "La ruptura de una presa en las cercanías de Querétaro causó enormes perjuicios", *Excélsior*, 20 de septiembre, 1923, p. 1.

622 R. Manrique de Lara, "Los caminos vecinales", *El Nacional*, 4 de enero, 1900, 151, p. 1.

623 "El problema de los buenos caminos", *Excélsior*, 27 de septiembre, 1924, Sección Conmemorativa, p. 8.

Además de lo anterior, en los estados de Veracruz y Tamaulipas se habían localizado depósitos naturales de asfaltos suaves en contacto con terrenos de origen sedimentario y masas eruptivas, y grandes cantidades de asfalto, principalmente en las cercanías de Tuxpan. Estas posibilidades, en adición al problema de las cotizaciones del cemento, resultaron decisivas para que al inicio del programa nacional de carreteras se optara por ese recurso. Las carreteras susceptibles de ser construidas de conformidad con los materiales empleados en ellas podían pertenecer a alguno de estos tipos: tierra, arena, arcilla, arena y arcilla, grava y piedra quebrada o macadam. Estos tipos, en su caso, podían ser tratados con materiales bituminosos, tratamiento que, a grandes rasgos, consistía en aflojar la superficie con arado a una profundidad de quince centímetros; pulverizar esa masa y humectarla de forma ligera con agua; aplicar el aceite a razón de cuatro litros por metro cuadrado; combinar con la tierra por medio de una grada con discos para finalmente conformar de nuevo y apisonar. Se estimaba que con ese procedimiento se lograba una carpeta resistente al tráfico pesado durante medio año, después del cual se tendría que repetir.

El primer pavimento de lámina de asfalto se tendió en la ciudad de México en 1889, sobre la avenida Juárez. Diez años más tarde se lanzó una convocatoria para contratar esa clase de pavimentos, y obtuvieron los contratos dos empresas extranjeras, una inglesa y otra norteamericana.[624] En todo caso, tales ejercicios de pavimentación se limitaron exclusivamente a las calles de la ciudad. Entonces se emplearon roca asfáltica de Neuchatel y asfalto de las localidades de Ébano y Minatitlán. La extensión de las vialidades en la ciudad —comparada con la red de carreteras— permitió o alentó el uso de cementos en la construcción de calles, en algunas ocasiones directamente con revolturas de concreto, y en otras al menos con baños de cemento hidráulico. Por su parte, la enseñanza profesional impartida en la Escuela Nacional de Ingenieros contemplaba —según se constata en el plan de estudios para el año escolar de 1915 en el

624 "La evolución de los contratistas de pavimentos en la metrópoli", *Excélsior*, 26 de octubre, 1924, 3a, p. 1.

curso Ferrocarriles, Carreteras, Pavimentos de Calles y Puentes— la instrucción sobre construcción de "calzadas de concreto", además de las calzadas de macadam, y de arena y arcilla. El libro de texto era *Roads & Paviments*, de Spalding.[625] Es evidente que para entonces no se contemplaba aún el tráfico motorizado en la magnitud que alcanzaría.

La historia de estos materiales —el chapopote era conocido y empleado por los aztecas—[626] comienza, para los efectos de este trabajo, en 1900, cuando la existencia de zonas en donde el chapopote afloraba en cantidades considerables a superficie de terreno, llegó a conocimiento de industriales del ramo en Estados Unidos y Europa, suscitándose una verdadera avalancha de inversionistas que contemplaron la posibilidad de establecer empresas petroleras; esto en una época en que la legislación sobre el particular era sencillamente inexistente. Ya en 1908 fue descubierto el pozo de Dos Bocas, a orillas de la Laguna de Tamiahua, que evidenció la existencia de ricos yacimientos que más adelante integrarían la llamada Faja de Oro. Muy pronto la explotación del material se expandió y emergieron tres núcleos petroleros: la región Pánuco-Tuxpan, la región del Istmo y la zona del río Cazones. Pocos eran los pozos que requerían bombeo. Una estimación de lo que hoy llamaríamos "reservas", la externó un geólogo a mediados de 1921, en ocasión de haberse extraído agua salada —lo que causó cierta alarma en el medio local, más por ignorancia que por lo extraño del fenómeno— de un pozo petrolero: "para ochenta años tiene aceite nuestro país",[627] dijo.

El petróleo producido —elemento que para bien o para mal moldearía en muchos sentidos el acontecer nacional— se dividía en dos grandes grupos: el crudo pesado de base asfáltica, con densidad de 0.95, y el crudo ligero de base parafínica, con densidad de menos

625 "Programa del curso de Ferrocarriles, carreteras, pavimentos de calles y puentes, para el año escolar de 1915", AHPM, 1914, I, 327, doc. 4, l.2, p. 4.

626 De etimología náhuatl —*chiáhuatl*, grasa y *pactli*, humo— la palabra se traduce como "asfalto", y aunque no hay evidencia de que se empleara en la construcción de caminos, los aztecas lo usaban de cierto en la construcción, como impermeabilizante y como pintura, además de combustible, medicamento, recubrimiento de armas y utensilios e incluso como goma de mascar.

627 "Para 80 años tiene aceite nuestro país", *Excélsior*, 17 de agosto, 1921, p. 1.

de 0.95.[628] La extracción de petróleo se disparó, y México llegó a ser uno de los primeros productores mundiales, pues sus estándares de producción pasaron de 10 mil barriles en 1901 a más de 193 millones de barriles en 1921, que fue un año tope en extracción. Más tarde descendieron esas cantidades, pero mantuvieron una tasa elevada que en 1930 sumó poco más de 39 millones de barriles, y en 1937 casi 47 millones.[629] En la práctica, sin embargo, hubieron de suspenderse en varias ocasiones los trabajos de pavimentación en las calles de la ciudad de México por fallas de distribución de este material, que llegaba desde Minatitlán por ferrocarril.[630]

Los tipos de construcción de caminos que entonces eran comunes y se experimentaban en México, eran: cascajo, macadam ordinario, macadam bituminoso, bloques de asfalto, concreto de cemento, concreto de cemento con cubierta bituminosa, ladrillos y bloque de piedra. Habría que añadir a la lista los caminos de simple tierra, que sin duda eran los más usuales y generalizados en el país. De hecho, las condiciones de conservación que presentaban los caminos a lo largo del territorio nacional no eran diferentes a lo que encontró hacia 1841 madame Calderón de la Barca durante su visita a México, quien decía que "las rodadas nos lanzaban de un lado para otro y las sacudidas eran espantosas, y nos veíamos precisados en ocasiones a bajarnos, lo que no hubiera sido tan desagradable sin la perspectiva de tener que meterse de nuevo al coche".[631] Se trataba de vías que según la época alternaban lodazales con nubes de polvo y quedaban intransitables varios meses al año. El abandono se acentuó e incluso se hizo oficial a partir de 1895, cuando el gobierno decidió desentenderse de su administración, al considerar que los ferrocarriles estaban consolidados. Una Junta Directiva de Caminos —que existió hasta 1912— y sus herederas, la Inspección de Caminos, Carreteras y Puentes, y la Dirección de Caminos y Puentes, fueron instancias poco menos que nominales, que en los hechos delegaron a los

628 L. M. Cardoso, "El problema del petróleo en México", *Edificación*, V, 3, mayo-junio, 1938, p. 27.

629 *Ibidem*, p. 31.

630 "Las obras de pavimentación serán suspendidas", *Excélsior*, 28 de mayo, 1921, p. 1.

631 M. Calderón de la Barca, *La vida en México durante una residencia de dos años en ese país*, p. 404.

"vecinos, comerciantes, arrieros e indígenas"[632] la conservación de algunos tramos por virtud de sus buenos, voluntarios y gratuitos oficios.

En los mejores casos, la opción constructiva fue el macadam, idea desarrollada por el ingeniero escocés John Laudon Mc Adam a principios del siglo XIX, y que consistía en un conjunto de materiales minerales con una granulometría discontinua, los que se extendían y compactaban mezclando el material grueso (piedra de cantera quebrada o grava natural, por ejemplo), y rellenando los huecos con árido fino. Tal apreciación en cuanto a la bondad de esa técnica, se refiere a carreteras y no a las calles citadinas, pues se registraron casos en la época en los que se sustituyó el empedrado con macadam, lo que dio lugar a airadas protestas de vecinos por las tolvaneras que se producían con el tráfico.[633] Aun así, las condiciones técnicas de los caminos eran deplorables, como se constata con una de las pocas vías atendidas por el gobierno antes del nacimiento de la Comisión Nacional de Caminos en 1925, la carretera México-Toluca, restaurada todavía en el porfiriato, pero que se encontraba en estado muy defectuoso, en opinión de ingenieros que realizaron una inspección en 1921.[634] Otro acontecimiento que da una clara idea de las condiciones que prevalecían ocurrió en abril de 1921, cuando un automóvil de la marca Buick realizó el primer viaje entre México y Veracruz, logrando "una hazaña deportiva digna de entusiasta aplauso por las dificultades que tuvieron que vencer".[635]

La magnitud del proyecto, y acaso la premura por materializarlo, fueron factores que se conjugaron con los de costos y disponibilidad de materiales, para que la construcción de caminos a base de concreto armado fuera perdiendo viabilidad en el ánimo resoluti-

632 "La carretera que se construye para automóviles de Teziutlán a Nautla es una maravilla de ingeniería", *Excélsior*, 14 de agosto, 1921, 2ª, p. 2.

633 "La pavimentación de las calles Nales", *Excélsior*, 17 de agosto, 1921, p. 2.

634 "Las carreteras de la Rep. están mereciendo atención sin precedentes de parte de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas", *Excélsior*, 3 de abril, 1921, p. 8.

635 "El automóvil Buick fue el primero en hacer viaje de México a Veracruz", *Excélsior*, 3 de abril, 1921, 3ª, p. 5.

vo del gobierno federal, particularmente con Plutarco Elías Calles y su gabinete. Sin embargo, todavía en 1925 se debatía acerca de la conveniencia de utilizar concreto en la construcción de caminos. El referente en este tipo de pavimentación lo constituía la experiencia de Estados Unidos, en donde ya desde 1892 se había construido un pavimento alrededor de una plaza en Bluefontaine, Ohio, y contaban con laboratorios especializados dependientes de la Dirección Federal de Caminos, en Arlington, y con pistas experimentales en Bates, Illinois y Pittsburg, California. La técnica de encarpetamiento, así como la maquinaria especializada estaban dando muy buenos resultados en el vecino país; de hecho, se había logrado construir más de 3 mil metros con un ancho de 5.40 metros en las pistas experimentales de Illinois en una sola semana. Los argumentos acerca de la conveniencia del material se antojaban irrebatibles, excepto por el factor de los costos:

> Entre nosotros a pesar de contar con todos los materiales, hasta el presente no se ha prestado la atención que merece como afinado de gran duración; decimos esto porque usamos el hormigón como base de todos los empedrados, enmaderados y asfaltados, debido en gran parte a que nuestros técnicos no han tenido oportunidad de comprobar prácticamente sus excelentes cualidades.[636]

Por esas mismas fechas, el gobierno argentino estaba convocando a un Congreso Panamericano de Carreteras, a celebrarse en Buenos Aires. La invitación turnada a las autoridades mexicanas llamaba la atención sobre el asunto: "El extraordinario y sorprendente desarrollo que ha tenido en Estados Unidos de Norte América el sistema moderno de transporte de cargas y de pasajeros por vehículos de motor, plantea un gran número de problemas nuevos de positivo interés público y de indudable trascendencia para el porvenir de las naciones."[637] Para entonces (1925), el Departamento de Estadística Nacional estimaba la existencia de 40 mil automóviles; 5 479 ca-

636 "El empleo del hormigón con cemento fino", *Excélsior*, 1 de marzo 1925, 3ª, p. 2.

637 *Ibidem*.

miones de pasajeros; casi seis mil camiones de carga y 816 motocicletas, además de 75 478 carretas y carros de tiro.[638]

El entusiasmo por las carreteras pavimentadas incluyó consideraciones sobre salud pública: "las carreteras llenas de polvo son un peligro constante para quienes las recorren", decía un artículo de prensa titulado precisamente "Los buenos caminos ayudan a conservar la salubridad".[639] En cualquier caso, la relación entre las carreteras y el automóvil se iba asociando de una manera cada vez más clara y estrecha con las dinámicas de posicionamiento de los sectores sociales que emergían favorecidos de la gesta revolucionaria, de tal manera que la dotación de ese tipo de infraestructura se tradujo en un apremio político: "los políticos que aspiren al poder deben ofrecer carreteras al pueblo", rezaba un encabezado de prensa a principios de 1926.[640] El fenómeno no fue —desde luego— privativo de México, sino un fenómeno de cobertura mundial. Los congresos internacionales de caminos se iban sucediendo: París 1908; Bruselas, 1910; Londres, 1913; Sevilla, 1923, Milán, 1926. Una nota fechada a mediados de 1921 en un diario mexicano de circulación nacional expresa con bastante claridad la magnitud de las expectativas que existían en vísperas de la puesta en marcha del programa constructivo:

> dado el progreso del automovilismo, dado el precario estado en que se encuentran los ferrocarriles y la falta de material rodante y el mal estado de las vías de los mismos, se impone una resolución enérgica de parte de todos los elementos de progreso y de parte de las autoridades todas para llegar cuanto antes a dar principio a la magna obra.[641]

La euforia por el automóvil y por los caminos por donde debía circular tuvo manifestaciones diversas, como el anuncio de que se

638 *Loc. cit.*, p. 6.

639 "Los buenos caminos ayudan a conservar la salubridad", *Excélsior*, 23 de noviembre, 1924, 4ª, p. 7.

640 "Los buenos caminos son un factor de beneficio para la clase media", *Excélsior*, 11 de abril, 1926, 3ª, p. 3.

641 "Interesantísimo proyecto para la construcción de carreteras", *Excélsior*, 12 de junio, 1921, 2ª, p. 2.

armaría en México un auto de marca Anáhuac,[642] la petición de retirar carros de mulas y carretelas de las calles citadinas,[643] y muestras del altruismo burgués, cuando con motivo del centenario de la consumación de la Independencia los propietarios de autos en el Distrito Federal sacaron a pasear por las principales avenidas de la ciudad a miles de niños pobres.[644] Así, a comienzos de 1930 y teniendo ya en funciones algunas carreteras, se consideraba que "los beneficios han sido inmediatos y de tan notable intensidad, que los Estados de la República, los Municipios y hasta ciertos particulares se han interesado vivamente por estudiar la manera de hacer efectiva a la mayor brevedad la construcción de caminos carreteros".[645]

Si bien en la práctica se favoreció el asfaltado con bituminosas (no sólo entonces, sino hasta la fecha, la mayoría de los caminos carreteros en México se ha ajustado a ese tipo de construcción), la opción de recurrir al concreto como el recurso de encarpetamiento óptimo se mantuvo abierta, según se desprende del hecho de que el Reglamento de la Ley de Caminos y Puentes, del 10 de marzo de 1927, que puntualizaba las generalidades de la Ley de Caminos y Puentes emitida el año anterior, asentaba en su artículo 3° que "de conformidad con lo que dispone el artículo 11 de la Ley, se fijan para las cuatro categorías de caminos nacionales consignadas en el artículo 1 de la misma, la siguiente gradación: I.- caminos con pavimento de tierra; II.- caminos con pavimento semirrígido; III.- caminos con pavimento rígido"; estos últimos comprendían los de concreto armado o sin armar, "pudiendo variar la naturaleza de la superficie de rodamiento o ser también de concreto".[646] La nota curiosa en el debate sobre costos y posibilidades se refiere al registro de diversas patentes presentadas ante la oficina respectiva, como en el caso de un "Procedimiento para blindar calles y calzadas", presentado por

642 "El automóvil Anáhuac es el primer coche hecho en México", *Excélsior*, 20 de noviembre, 1921, 3ª, p. 4.

643 "Carros de mulas y carretelas no circularán más", *Excélsior*, 25 de febrero, 1922, 2ª, p. 2.

644 "Pasearán los niños pobres en automóvil", *Excélsior*, 30 de septiembre, 1921, p. 1.

645 "Actividades de la Comisión Nacional de Caminos", *RMIA*, VIII, 1, 15 de enero, 1930, p. 3.

646 "Reglamento de 10 de marzo de 1927 de la Ley de Caminos y Puentes, de fecha 22 de abril de 1926, publicada el 26 del mismo mes y año", *Diario Oficial*, 5 de abril, 1927, XLI, 30, pp. 4-5.

un mecánico en noviembre de 1923, consistente en "dos o más cintas metálicas de hierro dulce, hierro colado o cualquier otro material adecuado, colocadas embutidas sobre la superficie de las calles o calzadas".[647] Otro de los inventos de la época —lo que demuestra, por lo demás, el nivel de las iniciativas registradas en la Oficina— fue un procedimiento denominado por el autor "auto-rieles", que consistía en la construcción de dos cintas paralelas de concreto de 40 centímetros de ancho y separadas metro y medio, con el objeto de "abaratar la construcción y conservación de los caminos para automóvil".[648]

El caso es que el gobierno federal tomó la decisión de dar inicio al programa, utilizando "por lo pronto" los materiales bituminosos para los recubrimientos. En 1925 México contaba con 19 mil kilómetros de ferrocarriles al borde del colapso y con 28 mil kilómetros de brechas no aptas para la circulación de automóviles. Había 50 mil autos en el país. Calles decidió desarrollar infraestructura para la introducción definitiva del automóvil, adoptando para ello las siguientes medidas: 1) se propuso legislar sobre los servicios públicos de autotransporte; 2) se instaló la Comisión Nacional de Caminos; más adelante se firmó un contrato de obras con la empresa norteamericana Byrne Brothers Construction para la construcción de las vías México-Puebla, México-Pachuca y México-Cuernavaca; 3) se creó —por primera vez— un laboratorio de estudios de materiales en que se hacían pruebas sobre productos asfálticos; 4) se dictó una ley que establecía un impuesto a la gasolina, el cual se destinó a la construcción y mejoramiento de los caminos, y 5) apareció el servicio foráneo de pasajeros con la inauguración de la carretera pavimentada México-Puebla. Los fondos debían ser propios, pues debido a la deuda externa no se contaba con crédito externo. Sin embargo, de los 10 mil kilómetros que el gobierno de Calles pretendía, sólo se lograron entonces 695. En una entrevista que le realizó

647 Procedimiento para blindar calles", AGN, Patentes y Marcas, Clase 81.7, 26 de noviembre, 1923, vol. 289, exp. 78.

648 "Construcción de caminos para automóviles", AGN, Patentes y Marcas, Clase 81.7, 16 de julio, 1923, vol. 289, exp. 76.

Manuel Becerra Acosta a mediados de ese año de 1925, se expone así el momento de arranque del programa:

> Puede considerarse como un hecho indiscutible que nuestro país ha entrado de lleno en una era de reconstrucción. [...] Cuatro son los caminos que simultáneamente se van a comenzar dentro de una semana, según se sirvió informar el señor presidente: el de la Ciudad de México a la capital de Puebla; el de Acapulco; el de México-Laredo y el de Arriaga a Comitán. Se van a gastar no menos de un millón de pesos mensuales en estas obras, se emplearán de ocho a diez mil trabajadores, calculando que en la actual administración se erogarán 40 millones de pesos. La falta de buenos caminos hace que se efectúen sólo cortos viajes a San Ángel, Xochimilco o el Desierto de los Leones (para excursiones). El camino a Chiapas fue decidido por Calles siendo secretario de Gobernación y durante una gira. El programa de carreteras que empezará a desarrollarse desde la próxima semana seguirá sin interrupción —afirma el señor Presidente— y de esta manera lograremos contar con una red de caminos que beneficiará de una manera decisiva a la agricultura, pues existe una íntima relación entre el trabajo de los campos y la fácil transportación de los productos de ellos.[649]

Las estimaciones sobre el cálculo comparativo de costos de construcción se aprecian en el cuadro 5, de acuerdo con los datos de un estudio presentado en 1928 en el Segundo Congreso Nacional de Caminos que se celebró en México.

En septiembre de 1926 se habían abierto ya a tráfico regular de automóviles 250 kilómetros entre la ciudad de México, Pachuca y Puebla, y abierto brecha transitable de más de 150 kilómetros entre Monterrey y Nuevo Laredo. Hacia finales de 1929 se habían invertido 40 millones de pesos por este concepto, de los cuales 30 millones provinieron del impuesto especial a la gasolina y el resto fue parte del presupuesto federal. El ritmo que adoptó el programa de construcción de carreteras fue tal que la Comisión se vio en el caso de iniciar sus trabajos utilizando métodos y máquinas que hasta entonces habían sido desconocidas en el país. Al mismo tiempo se empezó a

649 M. Becerra Acosta, "Entrevista a Plutarco Elías Calles", *Excélsior*, 27 de julio, 1925, pp. 1-4.

Cuadro 5. [Estimación de costos de construcción elaborada por la Comisión Nacional de Caminos, 1928]

Tipo 1. *Para tramos cortos entre poblaciones de primera importancia, cercanas, con tráfico de más de 2 000 vehículos diarios*

Especificaciones generales:

Alineamiento: Curvatura mínima, terreno plano despejado, diez grados; en pediente máxima, seis grados
Pendientes: Máxima, 5 a 6% compensada
Obras de arte: Definitivas para las cargas mayores comerciales, 15 a 20 toneladas
Calzada: Ancho pavimentado, 5.50 a 6.00 m con banquetas

Pavimento del tipo rígido:	Por kilómetro
Costo de construcción	$ 50 000.00 a $ 90 000.00
Costo de conservación	$ 4 000.00 a $ 90 000.00
Costo anual con interés de capital total y amortización	$ 0.05 a $ 90 000.00
Economía de operación sobre la de una ruta de tierra conformada por vehículos	$ 56 000.00 a $ 90 000.00
Economía por km con el tráfico medio probable	$ 50 000.00 a $ 90 000.00

Tipo 2. *Líneas entre poblaciones de primera importancia, más lejanas, que soportan algo de carga pesada, pero principalmente cargas media y carga de pasaje, tráfico de 800 a 2 000 carros diarios*

Especificaciones generales:

Alineamiento: Curvatura máxima, terreno plano, despejado, doce a veinte grados
En pendiente máxima, dieciocho grados
Pendiente máxima: Sostenida 5 a 7%
Obras de Arte: Definitivas para cargas máximas comerciales de 15 toneladas
Calzada: Anchura pavimentada, 5.50 a 6.00 m. con banquetas

Pavimento: Macadam petrolizado o tipo rígido:	Por kilómetro
Costo de construcción	$ 30 000.00 a $ 50 000.00
Costo anual de conservación	$ 2 500.00 a $ 50 000.00
Costo anual total con interés y amortización del capital	$ 5 000.00 a $ 50 000.00
Economía de operación por vehículos	$ 0.04 a $ 50 000.00
Economía por kilómetro	$ 50 000.00 a $ 90 000.00

Cuadro 5 (*continuación*)

Tipo 3. *Caminos comerciales, generalmente para comunicar las regiones bien pobladas con las arterias troncales de comunicación, con tráfico de 300 a 800 coches diarios*

Especificaciones generales:

Alineamiento: Curvatura máxima en terreno plano, depejado, quince a veintitrés grados
Pendiente, máxima compensada: Cinco a ocho grados
Obras de Arte: Permanente, para servicio de tráfico pesado
Calzada: Pavimento un ancho de 4.50 a 5.50 m

Pavimento: Grava o macadam con aplicación superficial de petróleo; excepcionalmente macadam bituminoso:	Por kilómetro
Costo de construcción	$ 12 000.00 a $ 30 000.00
Costo de conservación	$ 1 900.00
Costo anual con interés y amortización del capital	$ 3 200.00
Economía de operación por vehículo	$ 0.03
Economía en tráfico medio	$ 6 400.00

Fuente: tomado de V. Gama, "Construcción progresiva de caminos", en Comisión Nacional de Caminos, *Trabajos presentados al Segundo Congreso Nacional de Caminos 1928*, pp. 8 y 9.

considerar el asunto de la señalización; se creó un cuerpo de motociclistas para vigilar los caminos ya abiertos al tráfico y se instaló un operativo para registrar la densidad de tráfico, cuyos primeros resultados mostraron que existía entonces sólo tráfico importante entre Monterrey y el norte y de la ciudad de México hacia Puebla, Pachuca, Cuernavaca y Toluca, que era la más concurrida. Las previsiones indicaban un crecimiento exponencial del tránsito, lo que repercutía en la velocidad de las construcciones y en la intención de mejorar el revestimiento a la brevedad posible, lo cual de cierto no ocurrió salvo con experimentos aislados, como la carretera San Ángel-Desierto de los Leones, construida en 1933 a base de concreto:

> La Comisión ha resuelto construir sus caminos por el método progresivo, es decir, comenzando por abrir el paso con la conformación superficial sobre el trazo definitivo y luego mejorándolo constantemente, completando las terracerías y las obras de arte, revistiéndolo con materiales más adecuados y terminándolos –por ahora– petrolizando la

cubierta. Indudablemente que en un futuro más o menos lejano será necesario ir cambiando parte del pavimento, mejorando éste a medida que el tráfico aumente.[650]

Antes de la fecha límite del periodo abarcado por esta investigación se efectuó una estimación que arrojó los siguientes datos: "Los usuarios de los caminos pueden agruparse en las siguientes categorías y en los porcentajes indicados, teniendo en cuenta el medio de locomoción empleado: 45% vehículos con motor; 30% vehículos con tracción animal; 15% bicicletas y 10% a pie."[651]

A continuación presento un ejemplo de los procesos de construcción de una de las vías del Plan Maestro, la México-Acapulco, según el estado en que se encontraba hasta diciembre de 1930:

> El camino de México a Acapulco fue atacado en diversos tramos desde 1910 en que se comunicó a Iguala con Chilpancingo, aparte naturalmente del camino colonial que unía México con Cuernavaca. Durante los años 1910 a 1920, en que quedó abandonado de Iguala a Chilpancingo, puede decirse que se destruyó completamente este tramo. En los años de 1921 a 1924 se reconstruyó totalmente y se siguió construyendo el camino al sur habiendo quedando abierto al tráfico hasta Acahuizotla y atacado el camino hasta Papagayo. Al fundarse la Comisión Nacional de Caminos en 1925 se prosiguieron los trabajos con intención de abrir el camino hasta Acapulco, pero los recursos con que se contaba se destinaron entonces preferentemente a los caminos México-Puebla, México-Pachuca y Monterrey-Laredo [...] atendiéndose únicamente a la conservación de lo ya construido. En 1927 se reiniciaron los trabajos con la construcción del gran puente del Papagayo, habiéndose abierto la comunicación hasta Acapulco por medio de un camino preparatorio de cuatro metros de ancho, en toda la parte nueva y se siguieron los trabajos de mejoramiento paulatinamente hasta diciembre de 1929.[652]

650 *Ibidem*, p. 39.

651 "Técnica futura de construcción de carreteras", *Revista de Ingeniería*, III, 14, noviembre-diciembre, 1939, p. 26.

652 Comisión Nacional de Caminos, *Anuario,* 1931, p. 39.

Un año más tarde, en diciembre de 1930, el estado era el siguiente: hasta el kilómetro 73 (Cuernavaca), petrolizado terminado; los siguientes 57 kilómetros, revestidos; los siguientes 12, terracerías terminadas; los siguientes 40 kilómetros, levantamiento topográfico y trazo del nuevo camino terminado; la parte frente a Taxco, con terracería terminada; los siguientes 194 kilómetros, con revestimiento terminado, excepto en tres de ellos; puentes sobre el río Balsas en construcción; los siguientes 53 kilómetros, terracerías terminadas, excepto ocho kilómetros, en construcción; los siguientes 29 kilómetros, revestimiento terminado.[653]

El Primer Plan Sexenal, de 1934 a 1940, cuya concepción original fue obra de Calles, preveía la terminación de la carretera de Nuevo Laredo a Acapulco y la construcción de la de Sonora a Chiapas, así como la construcción de caminos locales que "entronquen con las vías férreas o con las grandes carreteras nacionales".[654] El propósito explícito del Segundo Plan Sexenal en esta materia, cuya preparación en el Partido Nacional Revolucionario se inició en febrero de 1939 para servir de plataforma de gobierno al sucesor de Cárdenas, contemplaba concluir las obras iniciadas con anterioridad, pero "se dará preferencia a la construcción de carreteras rurales de segunda clase, alimentadoras de las vías férreas y de las carreteras troncales".[655] Hasta ese momento, el vértice de programa emprendido por el gobierno federal para caminos había sido la carretera México-Nuevo Laredo, de 1226 kilómetros y 11 años de trabajos, abierta a la circulación el 1 de julio de 1936 en presencia de una pléyade de funcionarios, incluido el vicepresidente de Estados Unidos. El plan de carreteras, decía la *Memoria* preparada por la SCOP para ese evento, "naturalmente ha encontrado dificultades y tropiezos al iniciarse su ejecución, considerándose resuelto satisfactoriamente el que incumbe a los técnicos mexicanos, que han adquirido ya la suficiente experiencia para proyectar y ejecutar las obras del modo más eficiente, es decir, creándose verdaderos especialistas".[656]

653 *Ibidem*, p. 12.

654 "Primer Plan Sexenal. 1934-1940", Secretaría de Programación y Presupuesto, *Antología de la planeación en México, 1917-1985*, p. 211.

655 "Segundo Plan Sexenal. 1940-1946", *ibidem*, p. 303.

656 "Ecos de la inauguración de la Carretera México-Nuevo Laredo", *RMIA*, XIV, 7, julio, 1936, p. 399.

El otro de los materiales constructivos importantes en la época fue el acero. Hemos visto ya cómo este material se volvió imprescindible para la formación del concreto armado, con los emparrillados de varilla que se cuelan dentro de la mezcla de cemento. Sin duda este producto experimentó también una evolución técnica, pero aquí pretendo referirme al acero estructural empleado en la construcción de edificios y de puentes, principalmente. Resulta claro que esta opción constructiva era ya bien conocida y empleada durante el porfiriato, periodo que nos legó magníficos ejemplos de edificación a base de metal.

La naturaleza mexicana, pródiga en los yacimientos de los otros materiales considerados aquí —arcillas para cemento y petróleos para asfalto— fue también muy generosa en cuanto a los minerales de fierro. Un estudio realizado en 1924 sobre el particular concluye —después de analizar las diversas estimaciones en cifras de tonelaje para los yacimientos— que

> por la falta de conocimiento efectivo de ellas, no puede darse una cifra estimativa fidedigna de la cuantía de nuestras reservas de mineral de fierro, y sólo podemos asegurar, ya que en ello sí están de acuerdo todos los datos, que son enormes y que no será la falta de materia prima la que impida el desarrollo de su importante industria.[657]

A pesar de dicha riqueza, México era importador. En 1919 se importaron 105 823 toneladas de fierro y acero manufacturado, evidenciando que ni aun el mercado local era satisfecho. La producción local dio inicio en mayo de 1900, con la inauguración de la Compañía de Fierros y Aceros de Monterrey, S. A., destinada a la adquisición y explotación de minas de fierro y carbón, compra de minerales de esa especie, establecimiento de fundiciones de aquellos minerales y construcción de fábricas y talleres para la elaboración de objetos de fierro y acero. Su alto horno comenzó a funcionar en febrero de 1903. Esta siderúrgica fue la primera de su tipo en América Latina,

657 C. Pérez Duarte, "Estudio sobre las posibilidades de la industria del fierro en México", *RMIA*, II, 5, 15 de mayo, 1924, p. 275.

y procuró atender un mercado que para entonces absorbía el segundo lugar en la lista de importaciones mexicanas; sin embargo, su producción se mantuvo continua sólo entre 1909 y 1911, y después de 1925 en adelante, fenómeno que se explica por los conflictos armados y por problemas en el abasto de coque y carbón, imputables tanto a problemas con los distribuidores como a fallas en el sistema ferroviario. El problema se agravó porque prevalecía en el ánimo de los consumidores una preferencia por el producto importado.[658] El caso es que la empresa regiomontana se vio afectada por problemas diversos que incidieron en su desempeño, y no logró la normalización del trabajo sino hasta la fecha en la que coincidentemente se inició el programa de infraestructura impulsado por Calles. Como afirma un estudio histórico "no cabe la menor duda que prácticamente los cuarenta primeros años de la vida de Fundidora fue para trabajar sólo por el objetivo de hacer progresar al país, ya que en ese tiempo no tuvo los rendimientos apropiados".[659] De hecho, hasta 1929 la empresa regiomontana no logró alcanzar de nuevo la producción de 85 mil toneladas de acero que había conseguido 19 años atrás.

Con una estrategia similar a la aplicada en la industria del cemento, la Fundidora de Monterrey ofreció asesoría técnica a los constructores a través de la publicación del *Manual para constructores*, cuya primera edición se hizo en 1912 y se actualizó en las sucesivas, la tercera poco antes de los cuarentas. En tales manuales se brindaban especificaciones de los materiales de acero, resistencias, diseños y coeficientes para los esfuerzos, etcétera. Cabe mencionar que desde 1926 en la Escuela Nacional de Ingenieros se impartió la cátedra de Construcciones Estructurales, para los alumnos de tercer año de ingeniería civil, con el patrocinio de la Compañía Fundidora de Monterrey.

Resulta evidente que para efectos del desarrollo de la ingeniería civil verificado en torno a la construcción de carreteras y presas, los

658 A. Gómez, "El desempeño de la Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey durante el porfiriato. Acerca de los obstáculos a la industrialización en México", en C. Marichal, y M. Cerutti (comps.), *Historia de las grandes empresas en México, 1850-1930*, pp. 203-234.

659 M. González Caballero, *La Fundidora en el tiempo. 1900-1986*, p. 47.

insumos proporcionados por la industria siderúrgica no fueron de mucha relevancia cuantitativa sino hasta después de 1940. Las cifras de producción de la Fundidora se fueron incrementendo de forma significativa a partir de 1934, si bien el despegue se inició más claramente en la esfera de los ferrocarriles, cuando a principios de los años veinte se estableció un consejo directivo de las líneas nacionales para reparar y reconstruir el sistema, que acusaba todavía los estragos de la lucha armada. En octubre de 1921 fueron contratadas 25 mil toneladas de rieles, evento que determinó que los talleres empezaran a laborar a toda capacidad y que aumentara el personal de la empresa.[660] En otras áreas de la ingeniería civil la evolución fue más lenta, pues los edificios grandes a base de estructuras metálicas estaban aún por venir, y en lo que respecta a puentes, todavía se mostraba preferencia por las construcciones de mampostería, madera y concreto.

Parece claro que en esa etapa de desarrollo inicial de la ingeniería civil en México el cemento ocupó el lugar de honor entre los constructores. En efecto, cuando en 1925 se celebró un concurso convocado por el Comité para Propagar el Uso del Cemento Portland, en el trabajo ganador presentado por el ingeniero José A. Cuevas fueron enumeradas las siguientes cualidades del concreto, que lo hacían —a juicio del autor— preferible al acero estructural en las construcciones: "1-aislante; 2- antiexplosible; 3- asequible; 4- compacto y homogéneo; 5- durable; 6- económico; 7- estable; 8- higiénico; 9- impermeable; 10- incombustible; 11- incongelable; 12- inoxidable; 13- moldeable; 14- monolítico; 15- resistente".[661] Por su parte, la empresa regiomontana intentaba atacar comercialmente el mercado de la construcción publicando anuncios como el siguiente: "El acero es económico porque por ser el material para construcción más fuerte por unidad de peso y volumen y a la vez el más ligero por unidad de fortaleza y resistencia, el constructor obtiene el mayor rendimiento por cada peso invertido."[662]

660 "Reparación a las vías de ferrocarril", *Excélsior*, 11 de octubre, 1921, p. 1.

661 J. Cuevas, "Propiedades y ventajas de las estructuras de concreto armado en relación con las del acero estructural", *RMIA*, III, 5, 15 de mayo, 1925, pp. 287-334.

662 *RMIA*, agosto, 1937, XV, 8 (portada).

Por lo demás, los otros materiales empleados comúnmente en la época no parecen haber sido objeto de preocupación en su perfeccionamiento por parte de los productores. "Nuestra producción de materiales es desgraciadamente muy pobre en calidad. Si pasamos revista a los materiales que se emplean generalmente en la construcción de una casa del tipo medio, nos quedamos sorprendidos de lo imperfecto de la manufactura y de las pocas cualidades mecánicas de los mismos materiales."[663] Tabiques, ladrillos, blocks, etcétera, fueron productos que no ameritaron grandes innovaciones, si bien es cierto que aparecieron algunas propuestas que no prosperaron mucho.

663 "El empleo de nuestros materiales", *Excélsior*, 5 de agosto, 1923, 3ª, p. 5.

V. INVESTIGACIÓN BÁSICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

La ingeniería civil en México se constituyó en una disciplina científica que superó en su práctica efectiva las condiciones normales de rezago, dependencia y escaso desarrollo patentes en casi todas las demás esferas de la actividad científica y tecnológica doméstica. Se caracterizó, desde muy temprano, por la combinación de insumos científico-tecnológicos importados con resultados locales, así como por la participación de entidades académicas, organismos públicos y empresas privadas, además de esquemas de financiamiento oficial, lo que le confirió a la ingeniería civil otro de sus rasgos distintivos.

Desde el punto de vista epistémico, la ingeniería civil apuntaló su desarrollo con una combinación de conocimientos importados y la creación de saberes y habilidades gestadas internamente, lo que sentó las bases para configurar una tradición mexicana en ese campo. Esta actividad local se verificó gracias a la realización de trabajos de investigación sobre requerimientos propios, cotejando esos resultados con la práctica constructiva. Los trabajos se llevaron a efecto en laboratorios, tanto universitarios como del sector público, y a través de estudios especializados dentro de los diferentes campos de las ciencias auxiliares de la ingeniería, como es el caso de la geología y la química. Buena parte de estos empeños giraron en torno a las propiedades del cemento y su transformación en concreto, con resultados en obras importantes y de elevada complejidad técnica, como las presas. Los estudios de mecánica de suelos beneficiaron áreas —además de las presas— como las cimentaciones en la ciudad

de México y el extenso programa de carreteras. La investigación de materiales abarcó productos químicos como pinturas, y aplicaciones del petróleo.

La existencia de estos espacios favorables al conocimiento y las prácticas relacionadas con él constituye uno de los elementos de base para el tránsito de los conocimientos no orgánicos ni sistematizados a la realización de las prácticas tecnológicas que definen la ingeniería, en la medida en que tales prácticas se dirigen a la resolución de problemas reales, a la intervención efectiva de la naturaleza.

Los laboratorios

El estudio que realizó Mílada Bazant sobre la enseñanza y práctica de la ingeniería durante el porfiriato[664] revela que "se inauguró la clase de materiales de construcción con el objetivo de conocer la resistencia de los diversos materiales que se producían en México".[665] Según esta autora, esta importante reforma al plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros en 1882 —que puede considerarse el antecedente de los trabajos de investigación emprendidos en ese campo— fue consecuencia del creciente interés por los aspectos prácticos de la carrera:

> La importancia atribuida a esta cátedra motivó la compra de máquinas en Europa. Para la construcción de entonces se usaba la piedra, la madera y el fierro [este último de importación]. El estudio de la carpintería a nivel profesional, para los ingenieros civiles e industriales, era básico porque se empleaba la madera como cimbra para hacer arcos y otros elementos constructivos.[666]

Estos incipientes trabajos de investigación se estaban realizando justo en vísperas de que la construcción a base de concreto armado

664 M. Bazant, art. cit., pp. 254-297.

665 *Ibidem*, p. 263.

666 *Loc. cit.*

viniese a revolucionar los procedimientos empleados y, en consecuencia, los enfoques acerca de los temas de investigación.

En opinión vertida a comienzos de 1911 por uno de los ingenieros fundadores de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, José Ramón de Ibarrola, la falta de equipos de investigación podía suplirse por otros medios:

> Cierto es que carecemos de los espléndidos gabinetes, laboratorios y talleres que se admiran en los establecimientos europeos y en los americanos, y que tardaremos aún largo tiempo en tenerlos; pero esto se puede subsanar aprovechando para la práctica los talleres del Gobierno y de los particulares, así como las diversas obras de construcción que en la ciudad se ejecutan, dedicando al trabajo en unas y otras el mayor tiempo posible durante la época de los cursos y de las vacaciones, e inculcando en los alumnos la idea de que nada pierde de su respetabilidad el individuo por pasar de las aulas a los talleres.[667]

El comentario del ilustre ingeniero se refería a la carencia de equipos de investigación en la Escuela de Ingenieros, lo que en varios sentidos era el reflejo del perfil de la carrera, excesivamente cargado hacia aspectos teóricos durante el porfiriato, agravada esta circunstancia por el escaso nivel de contratación de los egresados de ese plantel y la clara preferencia por los ingenieros extranjeros. En cierta manera, los equipos para realizar investigación no se antojaban como necesarios en las condiciones de operación efectiva de la escuela. Los laboratorios externos a los que eventualmente se acudía para experimentación, eran, por ejemplo, los de la Comisión Hidrográfica de los Estados Unidos Mexicanos.

No cabe duda, sin embargo, que ya antes de la caída del dictador y el advenimiento de nuevas condiciones para el desarrollo de la ingeniería, la inquietud por impartir conocimientos más prácticos y, con ella, la de abrir camino a enseñanzas sobre la base de la experimentación, se dejaba sentir en el ánimo de los ingenieros que ahí ejercían la docencia. En varios sentidos, este fenómeno estuvo en

667 J. R. de Ibarrola, *op. cit.*, p. 25.

efecto ligado al advenimiento del concreto armado y los nuevos paradigmas constructivos, como constatamos al señalar la experimentación con cemento Portland durante los trabajos en el Túnel de Tequixquiac, bajo la dirección del ingeniero Luis Espinosa, que, según las evidencias recopiladas para el presente trabajo, constituyen las primeras experiencias en materia de investigación para el empleo del cemento Portland. Otro antecedente importante fueron los "Cuadros de resistencia de materiales de construcción", elaborados por el ingeniero Roberto Gayol para las obras de drenaje en la capital:

> tengo el honor de presentar una colección de tablas que detallan los resultados que se obtuvieron al experimentar varios materiales de construcción en la Oficina que se estableció bajo los auspicios de la Junta Directiva de las Obras de Saneamiento. Los datos son ya bastante numerosos y pueden servir a la Asociación de Ingenieros, pero las muchas ocupaciones que constantemente han embargado mi atención, me han impedido dedicar al estudio de los resultados el tiempo necesario para la discusión analítica de ellos.[668]

Los ejemplos anteriores nos muestran que los primeros ejercicios experimentales llevados a efecto por ingenieros mexicanos tuvieron lugar en el contexto de trabajos constructivos, y luego en las instituciones académicas, en donde todos ellos se desempeñaban como docentes y como directivos (éste el caso de Luis Espinosa). Así, dos de los más destacados ingenieros, cuya especialidad se prestaba para pugnar a favor de la apertura de lecciones experimentales, los ingenieros Modesto Rolland y Antonio M. Anza, presentaron una iniciativa al respecto a la dirección del plantel a mediados de 1909, con el propósito de "hacer que se conozca tanto teórica como prácticamente, los principios del nuevo sistema de construcciones en concreto armado".[669] Anza, encargado de la cátedra de Procedimientos de Construcción, expuso los siguientes argumentos:

668 R. Gayol, "Cuadros de Resistencias de Materiales de Construcción", *AAIAM*, XIII, 1905, p. 19.

669 "Memorandum al Señor Ing. Don Luis Salazar, Director de la Escuela Nacional de Ingenieros. Agosto 23 de 1909", AHPM, 1910-IV-307, exp. 1, p. 1.

> en los últimos años, a medida que las construcciones en concreto armado se han ido desarrollando tanto en Europa como en Estados Unidos, el que esto escribe, que siempre ha hecho lo posible por estar al tanto de los últimos procedimientos de construcción, sea por las publicaciones periódicas o por las obras especiales, ha tratado de darles a conocer este material a los alumnos del curso que tiene a su cargo, si no con la extensión que sería de desear, porque esto no lo permiten ni sus conocimientos ni la gran variedad de materias que tratar en este curso, pero sobre todo en los últimos años, se ha empeñado en darles a conocer las principales características de este tipo de construcciones; y ahora que se proporciona esta oportunidad, no duda que para la Escuela sería un adelanto la creación de un curso teórico-práctico de construcción en obras de concreto armado, que comprenda el estudio especial de los cementos y de las arenas, que forman la parte más difícil de satisfacer en esta clase de construcciones.[670]

La idea era que esa especialidad no se impartiera en la modalidad de cursos libres, sino obligatorios, idea que fue bien acogida por la dirección, pero se postergó su ejecución por razones de "presupuestos".[671]

El curso de los acontecimientos y el advenimiento de nuevas condiciones que ha sido ya expuesto determinó un panorama más favorable para las tareas experimentales. Lo claro es que a partir de 1912 se introdujo en las actividades del plantel universitario una lógica que privilegió la enseñanza práctica y, dentro de esta dinámica, empezaron a cobrar carta de naturalización las funciones de investigación y, con ellas, los laboratorios y gabinetes de experimentación.

Es preciso señalar aquí que en este terreno no fueron los universitarios los pioneros, sino los militares. La Oficina de Experimentación de Materiales del Ejército Mexicano fue fundada en la inoportuna fecha de 1910 y por lo tanto condenada a una existencia demasiado efímera. Constituye sin embargo un valiosos antecedente que años después sería retomado. La iniciativa de fundación obedeció al rol de los ingenieros militares en la ejecución de obras de su peculio,

670 *Ibidem*, p. 3.

671 "Memorandum al Sr. Ing. D. Antonio M. Anza. Agosto 21 de 1909", doc. cit., p. 1.

como cuarteles, fortificaciones, hospitales, etcétera, y al carácter a veces contingente y apremiante en la realización de tales obras, así como a otro hechos:

> la circunstancia de no existir actualmente en el país fuentes de donde el ingeniero militar pueda tomar con facilidad todos los datos que son necesarios para el buen desempeño de las obras que se le encomienden en cualquier parte de la República, demuestra la necesidad imperiosa que se tenía de crear una dependencia del Cuerpo de Ingenieros que se ocupase de este asunto y justifican la utilidad muy grande de la creación de un laboratorio de experimentación de materiales que analice éstos, los coleccione y esté en condiciones de suministrarlos rápidamente.[672]

La relación de equipos —en virtud de "que el oficial de ingenieros no está consagrado por entero al ramo de la construcción, se ha prescindido de todas aquellas máquinas costosas por su grado de precisión"—[673] comprendía: máquina de tornillo para experiencias de extensión, compresión y esfuerzo constante para registro de resistencias de hasta 50 mil kilogramos máquina para experiencias de torsión, con capacidad de 70 mil kilogramos máquina para escuadrar y pulir las muestras de piedra, cemento, ladrillo, asfaltos, etcétera; máquina para estudiar el desgaste de algunos materiales empleados en construcción, con especialidad en pavimentaciones; máquina para medir resistencia transversal; aparatos para medir temperatura de fraguado en diferentes clases de cemento, y prensas, cribas, etcétera. El personal adscrito a este laboratorio constaba de un capitán primero de ingenieros, como director; un capitán segundo, como subdirector, y un oficial subalterno o persona del elemento civil como preparador.

Dividida en tres departamentos —gabinete de máquinas de ensayo, laboratorio de análisis químicos y museo de materiales de construcción— esta Oficina de Experimentación de Materiales de

672 "La Oficina de Experimentación de Materiales", *BI*, I, 2, 16 de octubre, 1910, p. 148.

673 *Ibidem*, p. 152.

construcción quedó abierta al servicio público, no obstante ser propiedad del ejército; "teniendo en cuenta que esta dependencia del Cuerpo de Ingenieros puede prestar servicio también a los ingenieros civiles, la superioridad ha dispuesto que la referida Oficina quede abierta al servicio público a fin de que aquéllos puedan llevar a experimentar los materiales cuyas propiedades les interese conocer".[674]

Conservándose en muchos sentidos al margen de los avatares de la pugna revolucionaria, la Escuela Nacional de Ingenieros se convirtió, de hecho, en el primer plantel posterior al derrumbe del porfiriato que contaba con un laboratorio de experimentación para efectos de ingeniería civil. En este acontecimiento convergieron los cursos de nuevo perfil práctico con donativos del gobierno federal:

> La Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas cedió a esta Escuela todas las máquinas que formaban el Gabinete de Ensaye de Materiales, que estaba a cargo de la Comisión Hidrográfica de los Estados Unidos Mexicanos, viniendo esto a enriquecer el Gabinete de la clase de Procedimientos de Construcción, pues muchas de las máquinas que de ahí se mandaron no existían en la Escuela, otras que estaban repetidas fueron cedidas por la Escuela al Instituto Geológico, pero de todas maneras con este donativo el Gabinete precitado que está a cargo del señor Profesor Don Antonio M. Anza ha venido a ser el primero en su género. […] En el Gabinete de Química se han hecho las adquisiciones de las sustancias que han sido necesarias para los diferentes trabajos y ensayes que diariamente se verifican ahí (anexo al Gabinete de Ensaye de Materiales). Existía también una clase de Procedimientos de Construcción. En la clase de Mecánica aplicada se construyó un pavimento de cemento, disponiendo también la cubierta del canal para las experiencias de Hidráulica, formándola con dalas de metal y cemento armado, de tal manera que se pueda descubrir uno o varios tramos a voluntad para hacer las experiencias que se crean necesarias.[675]

674 *Ibidem*, p. 149.

675 "Informe de los trabajos llevados a cabo en la Escuela Nacional de Ingenieros durante el año escolar de 1912. Febrero 8 de 1913", AHPM, 1913-V-325, exp. 9, pp. 8 y 9.

Diversos experimentos y pruebas para particulares, algunas dependencias oficiales y ensayos escolares se efectuaron en el laboratorio universitario. En 1920, por ejemplo, la Oficina de Ensaye de Materiales de la SCOP requirió pruebas para determinar resistencia de siete clases de maderas. Los trabajos se desarrollaron en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Escuela Nacional de Ingenieros, bajo la dirección inmediata del ingeniero Ignacio Avilez, ensayador de materiales de la Secretaría y con el acuerdo y aprobación del ingeniero Antonio M. Anza, consultor de la propia Secretaría.[676]

Los equipos e instrumentos con los que se iba dotando los laboratorios, cuando no por donativo, se sujetaban a un procedimiento bastante modesto, derivado de la escasez de recursos:

> la Facultad recibió cinco teodolitos y cinco niveles marca Guley que fueron comprados en los Estados Unidos por el Sr. Director durante su último viaje a dicho país. Se recibieron noticias de que el sistema de relojes sincronizados también adquiridos para la Facultad, vienen en camino de Veracruz a esta ciudad.[677]

A pesar de ello el gabinete prosperaba, y aun experimentaba ampliaciones progresivas, como se observa en el informe semestral de la escuela en junio de 1921.[678] Se contaba para entonces con el apoyo del recién creado Centro de Ingenieros, que entre otras cosas actuaba como interlocutor en los desempeños del plantel, sugiriendo, por ejemplo, ese mismo año de 1921, que en la clase de Procedimientos y Materiales de Construcción se debería completar el programa con ejercicios de análisis químicos de los principales materiales, "sobre todo de cales y cemento".[679]

676 "Resistencia de siete muestras de madera", *BSCOP*, II, 4, 1922, p. 3.

677 Informe que rinde la Secretaría General de la Universidad Nacional sobre las labores desarrolladas en la misma durante el mes de mayo último", *BU*, I, 1, agosto, 1920, p. 11.

678 "Informe semestral de la Escuela Nacional de Ingenieros. 13 de julio 1921", AHUNAM, Universidad Nacional, Rectoría, Estadísticas de Títulos Profesionales, exp. 147, p. 3.

679 "La reorganización de la Escuela Nacional de Ingenieros", *BU*, II, 4, 4ª, época, marzo, 1921, p. 182.

Como en otros órdenes que ya han sido expuestos en esta investigación, el despegue constructivo que tuvo lugar en México a partir de mediados de los años veinte y que se materializó con la creación de las dos comisiones que servirían de eje para tales efectos, tendría un impacto decisivo en la esfera de la investigación experimental y daría entrada a investigaciones que, por estar articuladas a construcciones de gran envergadura, registraron un doble salto cuantitativo y cualitativo. Podemos constatar que la investigación rebasó entonces las tradicionales circunspecciones académicas —es decir, los ámbitos meramente universitarios— para abarcar la iniciativa privada y, desde luego, las entidades públicas relacionadas con la creación de infraestructura.

En un primer momento de dicho despegue los dispositivos universitarios continuaron cubriendo el requisito. Así, en la esfera de la formación académica y del trabajo científico desarrollado en ella, el papel principal corrió naturalmente a cargo de la Máxima Casa de Estudios, en donde se estableció un moderno laboratorio de prueba de materiales:

> Firmemente convencida la Facultad Nacional de Ingeniería de la urgente necesidad que constituía para la eficacia de la enseñanza, la existencia de buenos laboratorios de ensayo de materiales, ha emprendido una verdadera campaña para lograr debidamente este objeto, mediante la cooperación de varias instituciones, entre las que se destaca la Comisión Nacional de Caminos, como antaño se distinguió la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. La técnica moderna necesita laboratorios para conocer la resistencia y la calidad de toda suerte de materiales de construcción con el fin de comprobar que tienen las características requeridas para satisfacer las necesidades del fin a que se destinan o bien para averiguar las de los materiales nuevamente introducidos al mercado.[680]

El modesto pero eficiente laboratorio estaba dividido en dos departamentos: uno físico y el otro químico, cada uno con un jefe

680 "El Laboratorio de la Facultad Nacional de Ingeniería", *Ingeniería*, I, 1, 1927, pp. 17 y 29.

de laboratorio y un ayudante, además de un empleado y un mozo que atendían ambos espacios. En el primero se realizaban ensayos de materiales de construcción de composición pétrea, leñosa o metálica. La maquinaria y equipos dispuestos para tal efecto incluían entonces una máquina universal Falcot Treres de Lyon con capacidad de 60 mil kilogramos y con accesorios para la ejecución de pruebas de compresión, tensión, flexión y esfuerzo cortante para materiales como briquetas de cemento, bloques de concreto, tabiques y ladrillos, piezas metálicas, cables metálicos y de fibra vegetal, cadenas, vigas, columnas, etcétera. Dos máquinas universales Riehlé de tornillos, con capacidad de 10 mil kilogramos cada una, para pruebas similares a la anterior, pero capaces de registrar, además, curvas de deformación-fatiga. Una prensa hidráulica de 300 mil kilogramos especial para verificar pruebas de compresión, incluso con columnas largas. Una máquina Riehlé para pruebas de desgaste, con platillo giratorio y órganos apropiados para emplear arena como material de desgaste. Dos máquinas Riehlé para romper briquetas de 500 kilogramos cada una. Una máquina Deval de dos cilindros para pruebas de dureza. Dos máquinas automáticas Fairbanks de 500 kilogramos cada una, para ensayar resistencia de briquetas. Dos cernidoras mecánicas para análisis granulométrico, y varias colecciones de mallas y cribas.

Por su parte, el Departamento de Química se destinaba a ensayos de materiales como petróleo crudo y sus derivados para verificar la ductilidad de los asfaltos, alquitrán y sus derivados, y aguas para usos industriales; a fin de observar, por ejemplo, el comportamiento de las sales durante el fraguado; pinturas; metales, y análisis químicos de cementos, cales, yesos, etcétera.[681] Tales equipos se complementaban con una colección de balanzas de precisión y microscopios.

Es importante hacer notar que, aparte de las funciones asignadas para comprobar estándares, el laboratorio universitario estaba concebido para tareas de investigación: "En un grado más alto, los laboratorios desempeñan funciones superiores de investigación y son imprescindibles para fijar especificaciones a que deben ser sometidos

681 *Ibidem*, p. 30.

los materiales y procedimientos de construcción de toda suerte."[682] También hay que destacar que los equipos con los que estaba dotado el plantel, logrados merced a la gestión de la Universidad ante organismos como la propia Comisión Nacional de Caminos, la Compañía Pavimentadora Nacional y el Comité para Propagar el uso del Cemento Portland, eran eventualmente de los más avanzados en el mundo, como es el caso de la citada máquina universal Falcot Treres de Lyon, de la que existía sólo otra similar en Europa en el momento en que ésta fue adquirida.

Resulta evidente que los gabinetes universitarios hubieron de incrementar sustancialmente sus trabajos y por ende sus equipos, una vez que comenzaron a funcionar las comisiones nacionales de Caminos y de Irrigación. Este salto se percibe con claridad a partir de 1927. Cada vez más frecuentes empezaron a ser los trabajos de laboratorio que no eran ya específicamente para beneficio de los cursos universitarios, sino para satisfacer encargos externos. "Se efectuaron tres ensayes solicitados por particulares, además de los experimentos de clase",[683] podía leerse en los informes parciales de ese año relativos a experimentación. De forma paralela los equipos para ese efecto empezaron a multiplicarse y diversificarse:

> En el taller de carpintería se arreglaron 155 restiradores para uso de los alumnos. [...] Del taller de mecánica se desarmó una prensa hidráulica para pasarla al Laboratorio de Ensaye de Materiales. Se montó una máquina Rihelé [mayo 1927]. En los gabinetes y laboratorios de esta Facultad se han venido efectuando, además de las prácticas generales de los alumnos de ellos, multitud de pruebas de resistencia de materiales y ensayes de pinturas, de aceites, y de petróleos; de arenas, de cementos, de briquetas de cemento, o de mortero de cemento, de fierro, etc. En el de química se han hecho también muy variados análisis. El equipo de estos laboratorios ha mejorado notablemente, sobre todo gracias a la cooperación eficaz y generosa de la Comisión

682 *Ibidem*, p. 29.

683 "Informe que rinde la Secretaría General de la Universidad Nacional sobre las labores desarrolladas en la misma, durante el mes de marzo de 1927", *BUNM*, III, 2, 3 y 4, febrero-marzo-abril, 1927, p. 31.

Nacional de Caminos y del Comité de propaganda para el uso del cemento Portland.[684]

Los propios alumnos del plantel comenzaron a ser adiestrados fuera de él, en establecimientos privados que ofrecieron colaboración, como la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, que brindó a los alumnos de la clase de Procedimientos de Construcción alojamiento y asistencia. De esta forma, las maneras de articulación entre la disciplina y el entorno productivo no se limitaron al aprovechamiento de los conocimientos en el terreno de la práctica constructiva, sino que se ensayaron formas de interacción, como la colaboración efectiva entre ciertas empresas del ramo y los centros de enseñanza, compartiendo conocimientos especializados:

> Desde el año pasado se creó en la Facultad Nacional de Ingeniería una cátedra de Construcciones Estructurales para los alumnos que cursan el tercer año de ingeniería civil, habiendo aceptado el señor Prieto que fuera sostenida por la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey […] Los alumnos adquieren los conocimientos necesarios para proyectar estas construcciones y calcular el costo, así como para dirigir los trabajos del montaje.[685]

Otro ejemplo lo constituyó la creación en esta facultad de una clase práctica denominada Laboratorio de Concreto, sostenida por el Comité para Propagar el Uso del Cemento Portland.[686]

Los vínculos entre la institución universitaria y los dos organismos públicos fueron estrechos, incluyendo la colocación de pasantes para acreditarse en la práctica de construcción de caminos y presas. Fue impulsada la colaboración entre el Laboratorio de Ensaye de Materiales y las citadas comisiones: "[la escuela] pone a disposición de la Comisión de Riego [*sic*] las posibilidades de su laboratorio

684 "Memoria de la Secretaría de Educación Pública", *BUNM*, III, 8, 9, 10, 11 y 12, agosto-diciembre 1927, p. 120.

685 "La Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey S. A. y su cooperación para impulsar los estudios en la Facultad de Ingeniería", *Ingeniería*, I, 1, agosto, 1927, p. 33.

686 "Importante servicio a la Facultad de Ingeniería", *ibidem*, p. 33.

para servirle en lo futuro como lo ha hecho hasta el presente, o mejor todavía, sobre bases de más estrecha cooperación".[687]

Una muestra del tipo de trabajos con los que estaba funcionando entonces el Laboratorio universitario la proporciona el siguiente informe de mediados de 1927:

> En las clases de resistencia de materiales se procedió al análisis de una muestra de cemento enviada por el señor F. Luque. Se hicieron experimentos con muestras de piedra enviadas por la Comisión Nacional de Caminos. Se ensayaron muestras de arena enviadas por la misma Comisión. Igualmente por lo que respecta con otra de cemento y se principió otra de concreto enviada por la Comisión de Caminos. Ensaye de diez muestras de cachenita y una de petróleo grueso, cuyo envío también lo efectuó la Comisión nombrada. Se principiaron estudios de dos muestras de terreno tomadas por el personal del Laboratorio. Los ensayes siguientes fueron efectuados por encargo de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas: pruebas con dos muestras de piedra. Pruebas con una muestra de arena. Pruebas con muestras de conglomerado. Pruebas a la tensión de dos ganchos unidos con soldadura autógena. Por encargo de los Ferrocarriles Nacionales de México, se efectuaron: pruebas con un cemento marca Landa y se empezó a hacer el análisis de los cementos Cruz Azul y Tolteca. Se probaron a la tensión dos varillas de fierro corrugado de ¾ y ½ pulgada de diámetro. Se probaron a la compresión tres tubos de cemento enviados por la Compañía de Luz y Fuerza.[688]

Asfaltos, resistencias de varillas de acero, etcétera, completaban la gama de asuntos de la competencia de la sección de física, mientras en la de química se llevaban a cabo estudios de otro tipo:

> En el gabinete de química se hicieron análisis cualitativo y cuantitativo; se trataron los puntos del programa que se refieren a la parte cualitativa. Reacciones particulares y propiedades del cuerpo de los

687 "La Comisión Nacional de Irrigación", *Ingeniería*, I, 1, agosto, 1927, p. 18.

688 "Informe que rinde la Secretaría General de la Universidad Nacional sobre las labores desarrolladas en la misma, durante el mes de abril último", *BUNM*, III, 5, 6 y 7, mayo-junio-julio, 1927, p. 17.

> metales alcalino-térreos y los correspondientes a los de fierro, aluminio y cromo. Se practicaron los análisis de estos grupos en mezclas que los alumnos resolvieron satisfactoriamente, consignando sus resultados en los esqueletos que para el efecto existen impresos en el laboratorio. Para la parte cuantitativa se vieron los puntos que comprende la voltmetría por oxidación, titulando el alumno sus soluciones debidamente.[689]

Además de los gabinetes de experimentación, otros espacios académicos fueron beneficiados con esa nueva perspectiva:

> A los señores profesores que tienen que ver con el gabinete de mineralogía, se proporcionaron los libros y demás útiles para las clases y experimentos de las mismas. Por orden del señor ingeniero Tomás Barrera se inició la formación de una nueva colección de minerales según el sistema Rice y Wattson, a fin de facilitar el estudio práctico de la clase que él profesa [Nociones de Geología]. Se procedió a reconcentrar en el gabinete las colecciones de minerales que estaban en el de Procedimientos de Construcción, habiendo recogido hasta esta fecha cerca de 500 ejemplares de la colección de mineralogía, según Pisan.[690]

Resulta significativo el hecho de que, no obstante que en los países de mayor desarrollo se estaban produciendo conocimientos relativos a temas de interés para los asuntos de la ingeniería mexicana —como podría ser el texto de 1926 publicado por iniciativa de la *Revista de Materiales de Construcción y de Trabajos Públicos de París*, titulado "La construcción económica", escrito por el ingeniero francés M. Vugnon, con una amplia exposición sobre cada uno de los materiales de construcción de uso más frecuente, empezando por un estudio de las materias primas necesarias—, la práctica local no se limitó a una simple transferencia tecnológica, sino que se abocó a la investigación propia teniendo en cuenta las especificidades del medio, los recursos reales y las metas por lograr. Este empeño tendría repercusiones en diversas áreas de la ingeniería, desde los

689 *Ibidem*, p. 16.

690 *Loc. cit*

estándares para materiales de construcción, hasta asuntos tan complejos como los relativos a la cimentación en el Distrito Federal y la mecánica de suelos.

La necesidad de desarrollar investigaciones propias, una vez que comenzaron las grandes construcciones, se puso pronto de manifiesto, primero en relación con los caminos, como se puede observar en el texto presentado durante el Segundo Congreso Nacional de Caminos en 1928:

> En nuestro país existe una marcada tendencia a seguir especificaciones inadaptadas que, en la mayoría de los casos, no se ajustan a la naturaleza y a la calidad de nuestros materiales; por lo tanto, se siente la necesidad de crear un buen Laboratorio de caminos que responda a las necesidades actuales creadas por el vasto programa de construcción de caminos que, tanto el Gobierno Federal, como los Gobiernos de los Estados y Municipios, se esfuerzan por llevar a cabo, entendiéndose que este Laboratorio debe de estudiar todos los materiales que existan en la República y que puedan ser usados en construcción de caminos. / La función de comprobación del Laboratorio consiste en ensayar todos aquellos materiales acerca de los cuales rigen especificaciones determinadas, para ver si dichos materiales están dentro o fuera de las mismas, y decir si deben aceptarse o rechazarse en la construcción del camino. Otra de las funciones del Laboratorio es la investigación. Este papel es de suma importancia sobre todo en nuestro país, pues carecemos casi en absoluto de la información relativa a la enorme variedad de nuestros materiales de construcción de caminos, necesaria para construir económicamente obras satisfactorias. Debemos tener en cuenta que la investigación no se limita a descubrir nuevos materiales [...] sino que también la mezcla que de varios de ellos pueda hacerse para formar tipos especiales de caminos adecuados a las necesidades locales.[691]

Lo anterior, que podría antojarse una verdad de Perogrullo, se dimensionaba correctamente ante la inminencia de la práctica

691 G. Aguilar Álvarez, "Papel del Laboratorio en la construcción económica de caminos", Comisión Nacional de Caminos, *Trabajos presentados al Segundo Congreso Nacional de Caminos 1928*, pp. 3-4.

constructiva. De hecho, antes de iniciar obras, la Comisión Nacional de Irrigación estaba preparando dispositivos de investigación, lo que sin duda fue uno de los raros casos en México en que se procedió a investigaciones específicas antes de materializar las obras programadas:

> Los estudios de un proyecto siguen dos cursos distintos: uno, el meramente ingenieril, que considera la existencia de tierras en extensión suficiente en donde aprovechar las aguas de las fuentes que abastecen el sistema y estudia la posibilidad física de la captación, conducción y distribución de aguas; y el otro, el agronómico, que investiga si las tierras son propias para cultivos, qué frutos pueden ser producidos en ellas, cuál es el programa de explotación agrícola que en rasgos generales debía adoptarse, etc. Los resultados de ambas investigaciones se complementan. Como consecuencia del procedimiento de estudio seguido, las investigaciones generales de la Comisión están encomendadas a dos departamentos que, aunque cooperan muy eficazmente el uno con el otro, tiene labores perfectamente distintas: el departamento de ingenieros y el departamento agronómico. Dentro del Departamento de Ingenieros hay varias subdivisiones que tienen a su cargo: estudios y proyectos; fototopografía; investigaciones geológicas; inspecciones y construcción. Así, por ejemplo, no hay ahora departamentos independientes de compras y almacén, porque no ha entrado todavía la Comisión en pleno período de construcción. Actualmente el departamento de investigaciones absorbe la mayor parte de los elementos de la Comisión.[692]

Poco más adelante la Comisión Nacional de Irrigación organizó el Laboratorio Central en México, Distrito Federal, donde se empezaron a recibir muestras de los agregados que se pretendía emplear en otras obras, a fin de asegurar proporcionamientos adecuados para obtener garantías de resistencia, impermeabilidad, facilidad de manejo, etcétera, a costos reducidos. Así, en las respectivas obras, se preparaban cilindros de concreto para determinar su resistencia

692 J. Sánchez Mejorada, "Organización, actividades y proyectos de la Comisión N. de Irrigación", *RMIA*, IV, 11, 15 de noviembre, 1926, p. 558.

o discos para medir su impermeabilidad, los cuales serían remitidos al Laboratorio Central para fijar los estándares respectivos. La recomendación original para establecer estos laboratorios contemplaba la conveniencia de fundar laboratorios auxiliares alejados del Distrito Federal y cercanos a las grandes obras de construcción, procurando evitar "gastos de máquinas costosas para determinar muy altas resistencias, empleando para esto las que se encuentran instaladas en la Facultad de Ingenieros, donde se recabará el permiso respectivo".[693] Idénticas previsiones fueron adoptadas en el caso de los caminos:

> El papel que desempeña el Laboratorio en la construcción de caminos puede estudiarse en dos partes: una, que es el estudio de los materiales sobre el camino mismo, sometiéndolos a las condiciones reales de trabajo y la otra, en el Laboratorio, sometiendo los materiales a condiciones equivalentes, necesariamente aceleradas para poder verificar el examen de ellos en corto tiempo, formando entre ambos la tecnología de los materiales, que debe incluir el conocimiento de las propiedades de los materiales y la valoración de ellas para diversas aplicaciones, sujetándose a normas fijas. Aparte habrá que considerar la construcción de caminos como un hecho sintético que debe ser minuciosamente analizado y reconstruido. Así pues se recopilarán todos los datos relativos a materiales y procedimientos de construcción de determinado tramo de camino y se llevará nota de todos los agentes a que se halle sometido; calidad e intensidad de tráfico, condiciones climatéricas, así como los resultados obtenidos: duración, costo de reparaciones, etc. Las condiciones de apoyo de la lámina de rodamiento son interesantísimas, sobre ellas nunca se insistirá suficientemente, puesto que de la base o cimiento del camino depende su estabilidad y duración. No tener un buen Laboratorio origina gastos de dinero innecesarios, pérdida de tiempo y mala voluntad por parte del público hacia tal o cual tipo de camino, que puede ser el indicado para determinada región y circunstancias con sólo variar juiciosamente la calidad de los materiales y los procedimientos de construcción relativos. El Laboratorio

693 "Informe al Director Ejecutivo de la CN de I, rendido por el Consultor M. Nava. 25 de febrero 1926", FAPEC-FT, APEC, exp. 68: Comisión Nacional de Irrigación, leg. 1/3, ff. 115-117, inventario 924, pp. 1-2.

> estudiará los materiales locales teniendo en cuenta los estudios que en otros lugares se hayan hecho con materiales semejantes, con el objeto de seleccionar los que mejor resultado puedan dar. Una vez hecho el estudio dará su opinión al Departamento correspondiente, el cual ordenará la ejecución de la obra teniendo en cuenta las opiniones del Laboratorio, no terminando aquí la misión de éste, sino que tomará nota de los materiales y del acondicionamiento de la base sobre la que se tiende la superficie de rodamiento, así como de la clase, forma y dimensiones de esta última en los diversos tramos del camino, con objeto de observar los resultados que se obtienen con el tiempo. En el caso de que alguno de los tramos del camino falle, el Laboratorio procederá a investigar la causa que lo produjo, no tan sólo con el fin de reparar el mal, sino también para anotarlo en la estadística del camino, clasificándolo como defecto accidental o bien como sistemático.[694]

Hacia finales del periodo que nos ocupa la Comisión Nacional de Irrigación se encargó del establecimiento de un gran Laboratorio de Ingeniería Experimental, cuya concepción daría evidencia de los niveles de desarrollo alcanzados por la ingeniería civil, y de las articulaciones con el desarrollo de otras ciencias. Integrado exclusivamente por ingenieros mexicanos, este laboratorio contaba, entre otras, con las secciones de Diseño Hidráulico, Mecánica de los Suelos y Ensaye de Materiales, y fue el primero en su género en Latinoamérica.[695] De acuerdo con un informe de la época,

> la importancia de este Laboratorio se comprenderá al mencionar que con su implantación no sólo se ha realizado un adelanto notabilísimo en la técnica de la ingeniería en nuestro medio, sino que se han logrado economías en las estructuras diseñadas por más de $ 1 200 000.00 en el corto tiempo que tiene de funcionar.[696]

694 G. Aguilar Álvarez, "Papel del Laboratorio en la construcción económica de caminos", *RMIA*, VI, 11, noviembre, 1928, anexo 15, "Trabajos Presentados al Segundo Congreso Nacional de Caminos. 1928".

695 C. Jiménez , "Contribución de la Comisión Nacional de Irrigación al adelanto de la Ingeniería en México", *RMIA*, XVI, 3, marzo, 1938, p. 133.

696 *Ibidem*.

Como puede observarse, fue patente la necesidad de efectuar investigación original para apuntalar el programa constructivo. Vale añadir que las empresas privadas relacionadas con el movimiento constructivo que se verificaba en México también contaban con laboratorios de investigación, al menos en los casos de las empresas líderes, como son los de la fundidora y la cementera que tenían su asiento en la ciudad de Monterrey. Esta segunda, la fábrica Cementos Portland Monterrey, contaba con un laboratorio para determinaciones físico-químicas de la materia prima que empleaba para la elaboración del cemento y para el control de las cualidades del cemento una vez procesado. "Es sin duda la mejor de las fábricas de cemento en la actualidad [1926] en la República",[697] llegó a decirse después de una visita a la planta.

Los laboratorios universitarios ofrecían, por la cantidad de treinta pesos, pruebas físicas y mecánicas de tabiques, que incluían las siguientes determinaciones: 1) aspecto, 2) dimensiones, 3) cantidad de piezas por metro cuadrado y por metro cúbico, 4) peso volumétrico, 5) absorción, 6) compresión de tabiques húmedos, 7) compresión de tabiques secos, 8) flexión de tabiques húmedos, 9) flexión de tabiques secos, 10) esfuerzo cortante de tabiques húmedos, 11) esfuerzo cortante de tabiques secos, 12) resistencia al desgaste.[698]

Por su parte, las pruebas físicas para cemento Portland, con un costo de 25 pesos, abarcaban: 1) gravedad específica; 2) finura, empleando los tamices 100 y 200; 3) agua para consistencia normal; 4) tiempo de fraguado, inicial y final; 5) sanidad en aire, agua y vapor; 6) impermeabilidad; 7) resistencia a la tensión, cemento puro a las 24 horas, siete y 28 días; 8) resistencia a la tensión, mortero *standard*, siete y 28 días; 9) resistencia a la tensión-compresión, cemento puro siete y 28 días; 10) resistencia tensión-compresión mortero *standard* siete y 28 días.[699] También se practicaban pruebas de arenas para concreto, a un costo de 25 pesos: 1) análisis granulométri-

697 "Informe sobre fábricas de cemento. Ing. Marcos G. Nava. CN de I. Marzo 1926", APEC, Serie COM, exp. 198, inv. 751, leg. 1, p. 20.

698 "Laboratorio de Ensaye de Materiales", *Ingeniería*, V, 12, diciembre, 1931, p. 419.

699 "Laboratorio de Ensaye de Materiales", *Ingeniería*, V, 9, septiembre, 1931, p. 321.

co; 2) modulo de finura; 3) gravedad específica; 4) peso volumétrico; 5) tanto por ciento de huecos; 6) proporción de arcilla y lodo; 7) impurezas orgánicas; 8) resistencia a la tensión de mortero 1:3 y su comparación con mortero hecho con arena *standard*; 9) resistencia a la compresión de mortero 1:3 y su comparación con mortero hecho con arena *standard*.[700]

La ingeniería civil como interfase

Como resultante de la conjugación de las distintas variables que he expuesto hasta aquí, la ingeniería civil mexicana se constituyó en una práctica científico-tecnológica madura y autosuficiente, si se entiende por esto último no el aislamiento, sino la capacidad de satisfacer localmente especificidades locales. Se trata del acceso a la práctica efectiva de una tecnología con medios propios.

Concebida como una actividad que cumple funciones cognitivas, la ingeniería civil en México transitó por distintos peldaños hasta alcanzar la articulación necesaria entre ciencia, tecnología y sociedad, lo cual, de manera inevitablemente imprecisa, podemos ubicar a mediados de los años veinte, durante lo que algunos han llamado "la etapa constructiva de la Revolución". A partir de entonces la ingeniería civil se constituyó en una *ciencia de la interfase*,[701] visible y mesurable por la actividad constructiva.

Es posible intentar una periodización de este proceso, que en trazos generales constaría de tres etapas. 1) la existencia de un cuerpo de conocimientos especializados que se conservan y se transmiten en un espacio institucional. Este primer momento está determinado por un predominio de lo *teórico*, y cronológicamente abarca del porfiriato hasta los primeros años de la Revolución. Los actores están concentrados en la Escuela Nacional de Ingenieros, pero

700 "Laboratorio de Ensaye de Materiales", *Ingeniería*, V, 8, agosto, 1931, p. 304.

701 Para efectos del presente trabajo, por *interfase* se entiende la forma sintética en que se expresan en esa práctica los diversos elementos que concurren para hacerla viable. En su sentido original, *interfase* es sinónimo de *intercinesis*, lo que remite a un núcleo en donde se exhibe la estructura ordinaria que le corresponde a un determinado fenómeno.

existen, además, otros espacios significativos, como la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, inaugurada desde 1868, poco después de que Juárez fundara la Escuela de Ingeniería, y que explicitaba como finalidad el "contribuir al adelanto y prestigio de la profesión". Se trata ésta de una fase eminentemente académica. 2) Un periodo de transición que cronológicamente se puede ubicar entre el golpe de Huerta y principios de la década de los veinte, que se significa por una permanente preocupación a favor de una formación *práctica*, materializada en reformas curriculares y en la propagación de nuevos materiales constructivos como el cemento Portland, que dieron pie a numerosas indagaciones sobre sus posibilidades de empleo, abriendo el camino para investigaciones de gabinete. El escenario continúa siendo la Escuela Nacional de Ingenieros, equipada ahora con laboratorios. El impulso modernizador incidió en la creación de un Centro de Ingenieros, organización gremial con un perfil más dinámico que el de sus antecesores. 3) La etapa de consolidación, en donde convergen los esfuerzos académicos con la gestión administrativa y la política pública, y con un nivel incipiente de gestoría privada, que se traduce en una dinámica sólida de construcción a gran escala. Se trata de la interfase a partir de la cual se posibilitan soluciones y desarrollos tecnológicos de carácter complejo. Los actores están ya localizados en espacios múltiples: organismos públicos; organizaciones gremiales; empresas privadas; instituciones académicas, etcétera. Comienza a proliferar la literatura especializada. El fenómeno en su conjunto tiene alto impacto en una dinámica económica.

Resulta evidente que aun cuando los protagonistas principales de este interesante proceso fueron los ingenieros, el elemento determinante para conferir ese marco de viabilidad estuvo constituido por una intervención deliberada del Estado, entendida no de manera simple como ejercicio de gobierno, sino como un conjunto operativo específico que, bajo un determinado esquema de gobernabilidad, incluye el desarrollo de la infraestructura.

Desde el punto de vista de los valores epistémicos, las características que corresponden a la periodización propuesta se pueden enmarcar en los tres segmentos que a continuación se detallan.

1. El restablecimiento de la Escuela Nacional de Ingenieros por una decisión cupular adoptada durante el porfiriato, que permitió mantener ese semillero y ampliar la base de la comunidad profesional. Éste fue de cierto un punto de partida, pues la escuela estuvo al borde de la desaparición, además de que el desempeño profesional de los ingenieros no era halagador; uno de los ingenieros de aquella "vieja guardia" —Bartolomé Vergara— relata así su apreciación de dicha circunstancia: "yo mismo creí por aquellos tiempos, que lo mejor era suprimir de plano la Escuela de Ingenieros, ya que en realidad no había ninguna necesidad social que llenar. Los ingenieros no teníamos qué hacer y, obligados por la necesidad, comenzamos a invadir el campo de actividades de los arquitectos".[702]

La recuperación dio frutos y la ingeniería en ese espacio académico comenzó a repuntar. Aun cuando la tasa de matriculación en esos años se mantuvo en parámetros ligeramente por arriba de dos centenas de alumnos por año, el incremento de la comunidad profesional fue constante, máxime si se tiene en cuenta que la carrera contaba con una elevada eficiencia terminal.

El personal docente gozaba de buena reputación académica y varios de los profesores se desempeñaban asimismo como funcionarios en instituciones relacionadas con la construcción. Por otro lado, si bien casi todos ellos ejercían como constructores, lo hacían en obras menores, con frecuencia en casas-habitación, debido a que las grandes obras estaban reservadas para los contratistas extranjeros.[703] La participación de los ingenieros mexicanos en las grandes obras del porfiriato —desagüe del Valle de México; ferrocarriles y puertos— fue no sólo una demostración de su capacidad técnica, sino la llave para desarrollos posteriores en áreas específicas. El

702 B. Vergara, "Apuntes sobre la influencia que tienen y el papel que desempeñan los ingenieros en México y en los Estados Unidos", *RMIA*, VIII, 9, 15 de septiembre, 1930, p. 468.

703 Existían pequeñas empresas mexicanas de contratistas y otras tantas establecidas en México pero dirigidas por extranjeros. Un anuncio de una compañía —por ejemplo— aparecido en una revista de 1901, dice: "se encarga de toda clase de obras de ingeniería, así como de construcciones de fincas urbanas y campestres, oficinas, teatros, edificios públicos, escuelas, almacenes, pavimentos de calle, etc.", "The Mexican Construction and Engineering Co. Ltd", *El Arte y la Ciencia*, III, 3, junio, 1901, p. 52.

desagüe, por ejemplo, en su parte técnica fue concebido por De Garay y resuelto por Luis Espinosa con algunas modificaciones, y consistió básicamente de tres componentes: un canal a cielo abierto, un túnel y un tajo. La concepción teórica del trabajo no ofrecía, en realidad, demasiadas complicaciones, a no ser por algunos cálculos topográficos; el problema en realidad era que en México no existía contratista alguno capaz de llevar a cabo una obra de tal envergadura, que exigía de una pulida organización administrativa, maquinaria especializada, capital (la convocatoria de licitación preveía una exhibición de capital de 100 mil pesos), etcétera, para no mencionar el factor de la necesaria confianza de los empleadores, en este caso el propio gobierno porfirista. En tales circunstancias, la decisión se tomó en favor de la compañía del inglés Weetman Pearson, uno de los personajes favoritos del régimen.

El 17 de marzo de 1900, a las nueve de la mañana, Porfirio Díaz procedió a levantar las compuertas de San Lázaro y las aguas comenzaron a correr libremente por el canal. La obra estaba consumada. Poco después, el 25 de abril del mismo año, el ingeniero Manuel María Contreras encabezó un homenaje que la Asociación de Ingenieros y Arquitectos le tributó a Luis Espinosa —quien por cierto contaba con el título de Ingeniero en Minas— en el Salón Principal de la Escuela Nacional de Ingenieros:

> desaparecerán en lo sucesivo, las molestias y los perjuicios ocasionados por las inundaciones, que fue el anhelo de nuestros antepasados; es la base de diversas mejoras sobre irrigación y canalización que sucesivamente irán realizándose con notable provecho, y es cimiento de la obra de Saneamiento de la Ciudad de México, coronación de la del Desagüe del Valle, y la cual ya está ejecutándose bajo la dirección y conforme al proyecto formado por mi distinguido discípulo el Sr. Ingeniero D. Roberto Gayol.[704]

704 "Acta de la sesión solemne verificada el 25 de abril de 1900 en honor del Sr. Ing. D. Luis Espinosa", *AAIAM*, IX, 1900, p. 63.

Más adelante, en 1902, se publicó una memoria del desagüe,[705] en donde se recogían las experiencias que la construcción había dejado a los ingenieros mexicanos.

En efecto, aun cuando la realización de la obra fuese adjudicable a una empresa extranjera, la participación de ingenieros mexicanos —Francisco de Garay, Miguel Iglesias, Ricardo Orozco, Ángel Anguiano y Fernández Leal, entre otros— incidió en el desarrollo de la ingeniería local en diversas maneras, incluida la del empleo por vez primera, del nuevo material conocido como cemento Portland. Asimismo, se posibilitó al fin emprender la instalación de la red de drenaje, según un sistema diseñado por Roberto Gayol y que fue aprobado en 1896, lo que a su vez determinó un notable incremento en la demanda de agua potable, lo que fue atendido según un proyecto que estuvo a cargo del ingeniero Manuel Marroquín y que acarreaba agua desde los manantiales de Xochimilco. Este último trabajo se inició en 1902 y se realizó sin la participación extranjera.

Las nuevas demandas de la ingeniería obligaron a nuevos conocimientos. El mismo Gayol viajó a varias ciudades de los Estados Unidos para estudiar los sistemas de aguas negras y entablar contacto con distinguidos ingenieros sanitarios como Rudolph Hering, Samuel Gray y Eliot C. Clarke. La expectativa del control de las inundaciones motivó también que se analizaran opciones de pavimentación para la ciudad de México, considerando la utilización del automóvil.

En otro sentido, esta participación sirvió para sentar un precedente en cuanto a la organización de las constructoras. Los ingenieros mexicanos decimonónicos mantenían cierta renuencia a convertirse en capitalistas por estar comprometidos con una visión liberal de su profesión, más instruidos en los asuntos de diseño que en los de producción. Además, la poderosa maquinaria que era necesaria para construcciones de la magnitud de los puertos del desagüe apenas comenzaba a ser experimentada en Europa y Estados Unidos, y se diseñaba *ad hoc* para trabajos específicos. Priscilla Connolly, quien

705 R, Gayol, "Breve reseña de las obras del Desagüe del Valle de México", *AAIAM*, 1902, X, pp. 268-281.

ha estudiado a fondo a los contratistas porfirianos, sugiere que la influencia de los extranjeros en este sentido se podría detectar más tarde, cuando iniciaron los programas de construcción posrevolucionarios:

> Están por estudiarse los enlaces que permitirían vincular a los contratistas extranjeros del porfiriato, encabezados por Pearson, con los contratistas mexicanos que emergieron posteriormente. Para ello, hay algunas pistas. El semillero de los futuros contratistas nacionales se ubica, en primer lugar, entre los ingenieros empleados por los órganos gubernamentales para supervisar las obras contratadas. Éstos necesariamente debían conocer el trabajo del contratista.[706]

Menciona como ejemplo al propio Luis Espinosa, quien, siendo director de las obras del desagüe, se asoció con Read & Cambell en 1895 para la realización como contratista de una obra menor solicitada por la Junta Directiva y administrativa de los Fondos del Desagüe. Y agrega: "otros contratistas embrionarios mexicanos en el porfiriato quizá se encuentren entre los proveedores y subcontratistas de los constructores extranjeros".[707]

2. El segundo periodo propuesto en este trabajo lo he denominado de transición, no porque se ubique entre dos referentes bien definidos y, en consecuencia, fuese un momento de indefinición, sino todo lo contrario. Es el momento en el que se entrecruzan factores endógenos y factores exógenos. Presenta, eso sí, una cierta pasividad en cuanto a la actividad constructiva, imputable sin duda al conflicto armado y a la inestabilidad política, pero es justamente en este contexto en donde emergieron las directrices políticas que poco después darían gran impulso al desarrollo de la infraestructura y, con ello, a la ingeniería civil.

Desde un punto de vista interno, la ingeniería civil heredada del porfiriato, localizada todavía en reductos académicos fundamentalmente, empezó a ser impugnada por propios y extraños, de-

706 P. Connolly, *op. cit.*, p. 129.

707 *Ibidem*, p. 130.

bido a su visible proclividad a una formación profesional enciclopédica y teórica, con escasa proyección práctica. Es posible que la exigencia por una vocación más "utilitarista" fuese una expresión de la desconfianza que provocaba la Universidad Nacional por sus orígenes porfiristas, si bien es cierto que los acontecimientos políticos que se suscitaron en México en las postrimerías de la primera década del siglo coincidieron con la entrada en funciones de diversas innovaciones científico-tecnológicas como el cemento Portland, la energía hidroeléctrica, el automóvil, el acero estructural, etcétera, en cuya perspectiva era obligado un cambio que favoreciera su aprovechamiento.

Acaso en este aspecto también haya influido el hecho de que la administración porfiriana era identificada con la cultura francesa y los revolucionarios se acercaban más a la norteamericana, que se antojaba mucho más pragmática. Lo evidente es que a partir de 1910 —pero con mayor énfasis a partir de 1913— la exigencia de una formación práctica fue sostenida y se tradujo en diversas reformas curriculares. Se introdujeron cursos sobre concreto armado, se intensificaron las prácticas de campo, las investigaciones de gabinete y, de hecho, las carreras que ofrecía la Escuela se diversificaron. Los libros de texto tradicionales fueron sustituidos o complementados con ediciones modernas provenientes principalmente de los Estados Unidos y con una amplia variedad de revistas especializadas.

Pero los cambios fundamentales estaban ocurriendo fuera de la Escuela. La correlación de fuerzas que derivó de la lucha armada y se tradujo en orden institucional a partir de 1917, impulsó un proyecto de nación sobre la base de un capitalismo que si bien conservaba las características de dependencia y atraso, con niveles fuertes de concentración de la riqueza, incorporó a sectores de la burguesía que habían permanecido excluidos durante el porfiriato, y que reclamaban una visión más moderna y más dinámica de la economía y de la sociedad.

La desintegración del gran latifundio porfiriano como unidad productiva de carácter extensivo, y la puesta en su lugar de unidades parcelizadas, con el reacomodo territorial que quedaba implícito en el proceso de reparto agrario, en cuanto a nuevos centros de aco-

pio y de mercado, así como maneras más intensivas de producción, determinó la necesidad de variantes novedosas en la esfera de la infraestructura: la carretera sustituiría a la vía férrea; el automóvil al tren; las grandes obras hidráulicas para evitar las altas cuotas de desperdicio implicadas en el riego de temporal practicado en las inmensas haciendas.

Las nuevas tecnologías reforzaron este viraje en las concepciones y prácticas en torno a la infraestructura: el concreto armado permitió ensayar enormes sistemas para contener agua, y estos mismos servirían para movilizar turbinas de generación eléctrica; el automóvil permitía agilizar una red de distribución impensable para el ferrocarril; etcétera. En suma, un programa de modernización donde convergieron circunstancias políticas específicas con innovaciones tecnológicas, todas ellas capitalizables para la ingeniería civil.

Habría que añadir que en esas fechas comenzaron a operar fábricas que atendieron dos importantes áreas relacionadas con la construcción: el 5 de mayo de 1900 un grupo de accionistas fundó en Nuevo León la Compañía de Fierros y Aceros de Monterrey, que echó a andar su alto horno tres años después. Esta empresa fue precursora en su género en el contexto latinoamericano y, por su volumen de inversión, una de las fábricas más grandes del país, si bien su funcionamiento fue irregular hasta entrados los años veinte.[708] Las otras empresas a las que me refiero fueron las cementeras Cementos Hidalgo y Tolteca, establecidas en 1906 y 1909 respectivamente. Estas empresas, aunque enfrentaron diversas dificultades de operación —no empleaban su capacidad instalada total; no competían con ventaja con las exportadoras foráneas—, constituyeron un antecedente y un factor de importancia clave para el desarrollo integral que en breve experimentaría la ingeniería civil en el país.

3. El periodo de la consumación es aquel en el que los diversos factores se articulan en torno a una voluntad que los condujo al terreno de la materialización. Se trata de la voluntad del Estado, en su faceta de empleador-constructor, capaz de canalizar enormes volúmenes de gasto de inversión y recursos administrativos. Es en

708 A. Gómez, "El desempeño de la Fundidora de Hierro y Acero...", pp. 207-208.

esta etapa cuando la ingeniería civil deviene en interfase, evidenciando complejas articulaciones que desde luego rebasaron sus propios linderos académicos, su *episteme* como distintivo exclusivo de la comunidad profesional, para abarcar dimensiones relacionadas con la economía, con la administración y con la sociedad en general; se trata del redimensionamiento de la lógica interna de una actividad científica, al quedar vertebrada de forma orgánica con la lógica de la acumulación económica. De acuerdo con Habermas, "la masa del saber técnicamente utilizable ya no se reduce a las técnicas aprendidas pragmáticamente de los oficios clásicos; ha adoptado la forma de informaciones científicas que pueden transformarse en tecnologías".[709]

En efecto, el tránsito del conocimiento académico a la realización de las magnas obras de infraestructura implicó ampliar la base de conocimiento a la vez que incorporar conocimientos en cierta forma ajenos a la disciplina: el manejo de recursos financieros, la planificación a gran escala, la procuración de materiales en suficiente volumen, la organización y administración de empresas constructoras, etcétera, fueron elementos que debieron incorporarse a la práctica de la ingeniería civil. El tradicional recurso de sobreexplotación de la mano de obra —típico de las economías atrasadas— comenzó a ceder terreno a procedimientos de rentabilidad capitalista que suponían el empleo de mano de obra calificada, insumos de alta tecnología —en particular la maquinaria— y tabuladores salariales. De manera muy destacada, este desarrollo tuvo impacto en la evolución de ciencias auxiliares, especialmente en mecánica de suelos y geología.

El paso, desde luego, fue gradual; el complejo entarimado político que condujo a la necesidad de impulso a la infraestructura, y que fue una de las condiciones previas de base, tuvo que acceder primero a la creación de las comisiones nacionales de Irrigación y de Caminos y, después, a un periodo de acoplamiento con la ingeniería local —que denominé en un capítulo anterior "Hacia la nacionalización de la ingeniería civil"— en el que los protagonistas todavía

709 J. Habermas, *Ciencia y técnica como "ideología"*, p. 117.

fueron compañías extranjeras contratadas por el gobierno federal y que fueron las que dieron comienzo a ese proceso, incorporando a buen número de profesionistas mexicanos en los contratos que llevaron a cabo. El adiestramiento técnico de los ingenieros locales estuvo acompañado de un adiestramiento administrativo para la integración de unidades constructoras y contratistas.

Esta proceso fue expansivo: en febrero de 1926, apenas un mes después de creada la Comisión Nacional de Irrigación, uno de sus consultores rindió ya un informe sobre las calidades y volúmenes de cemento que presumiblemente iba a consumir ese organismo, en donde se incorporaron consideraciones acerca de la posibilidad y conveniencia de establecer fábricas de cemento y laboratorios para el estudio de materiales, además de datos acerca de las fábricas ya establecidas y de las posibilidades de importación.[710] Respecto de la mano de obra, también se tuvieron que revertir los efectos de la improvisación. En la enorme presa Martín, en el estado de Coahuila, fue necesario, por ejemplo, suspender trabajos a finales de 1928, debido a que comenzaba "la temporada de campo".[711] Se trataba, desde luego, de campesinos sin preparación para esa clase de trabajos. Para entonces se tenían ya muy avanzadas las obras del sistema del Valle del Mante, en Tamaulipas, y la presa Calles, en Aguascalientes.

La onda expansiva estaba integrando, en efecto, diversos elementos para avanzar a una fase de total maduración. En lo que se refiere a los contenidos epistémicos, este proceso de maduración registró pronto un impacto en el desarrollo de disciplinas auxiliares:

> Hace unos cuantos años nadie pensaba en México que la Geología podía tener aplicación directa a los trabajos de trazo y construcción de caminos, y sin embargo hoy en día hay ya quienes piensan de un modo enteramente opuesto y dedican su atención a estudios especializados

710 "Informe al Director Ejecutivo de la CN de I, rendido por el Consultor M. Nava. 25 de febrero 1926", doc cit.

711 "Las obras de irrigación", *El Universal*, 10 de septiembre, 1928, p. 9.

de geología que son de aplicación inmediata e importante para los trabajos de la ingeniería civil.[712]

El autor de este comentario, emitido a mediados de 1930, era catedrático de Geología Aplicada en la Escuela Nacional de Ingenieros y, a su parecer, la relación o el aprovechamiento potencial de la geología apuntaba a dos frentes: el deslizamiento de los terrenos y el carácter petrográfico de los materiales usados en la construcción. Y proseguía: "Es indudable que no contamos todavía en el país con una experiencia suficiente para resolver de un modo satisfactorio todas las dificultades que puedan [presentarse], pero tiempo es de pensar en la enorme tarea encomendada a los técnicos mexicanos."[713] La opción para consumar ese vínculo científico era, naturalmente, el Instituto de Geología de la propia Universidad Nacional, que gozaba ya de una buena reputación científica en México y en el extranjero, con estudios de suelos y subsuelos, pero "es necesario que responda ahora a nuestras nuevas necesidades".[714]

El horizonte abierto con la construcción de caminos y presas relacionado con los estudios geológicos propendía, evidentemente, a la mecánica de suelos. Esta preocupación, si bien era novedosa en lo que a esas dos subramas de la ingeniería civil corresponde, tenía sin embargo claros antecedentes en México debido a los problemas de cimentación que presentaba el subsuelo de la ciudad capital. Las características del terreno habían llamado la atención de los ingenieros, y aun cuando no se habían profundizado estudios sobre el comportamiento de dicho terreno, sí se había avanzado en el sentido de neutralizar los efectos atendiendo a las cimentaciones. Un libro publicado en 1900, auspiciado por la Sociedad Antonio Alzate y escrito por Adrián Téllez Pizarro,[715] proponía, por ejemplo, un método para edificaciones con "cargas que no excedan de 17 toneladas por

712 T. Barrera, "Relaciones de los estudios geológicos con el trazo y construcción de caminos", *RMIA*, VIII, 7, 15 de julio, 1930, p. 371.

713 *Ibidem*, p. 384.

714 Loc. cit.

715 A. Téllez Pizarro, *Apuntes acerca de los cimientos de los edificios en la ciudad de México*, p.78.

metro lineal", basado en un sistema propuesto antes por Javier Cavallari, y que constaba de una mezcla terciada y pedacería de ladrillo colocada a una profundidad tal que evitase en todo caso alcanzar las capas de mantos freáticos. El objeto era contrarrestar desplazamientos no uniformes:

> Por regla general, en toda construcción debe procurarse *no tratar de evitar el asiento,* porque esto en México es realmente imposible, sino buscar todos los medios para que el asiento sea uniforme, pues cuando se verifica con regularidad, la construcción toda bajará verticalmente, sin desplomes, ella misma comprimirá el terreno hasta solidificarlo más y no se producirán asientos desiguales que den origen a cuarteadoras.[716]

En efecto, los estudios sobre el comportamiento del subsuelo en la capital se abocaron en principio a la experimentación con tipos de cimentación novedosa. Más adelante, ya en la época a la que me estoy refiriendo, la interacción entre estudios para construcciones cada vez mayores en cuanto a su altura y peso, y estudios del terreno, fue elevando sus niveles de exigencia técnica. La exploración hacia las alturas se inició en esa época con un edificio emblemático que los arquitectos Monasterio y Calderón construyeron para la compañía de seguros de vida La Nacional. Este edificio constó de 13 pisos con altura total de 55 metros sobre nivel de calle, y una profundidad de cuatro metros, 2.40 de ellos correspondientes a los sótanos, 1.40 a las trabes y 0.20 a la losa de concreto. Fue realizado sobre una estructura de acero para resistir los esfuerzos de tensión que pudieran provocar los posibles hundimientos. La cimentación fue decidida después de realizar seis sondeos para determinar las características del suelo, mediante los que se encontró una capa de arcilla arenosa a 37 metros de profundidad, con un espesor de siete metros y una resistencia once veces mayor que la de las capas atravesadas, por lo que se optó a favor de una cimentación con pilotes, "no para que trabajen éstos

716 *Ibidem*, p. 78. Cursivas mías.

por fricción, sino para que transmitan la carga a las capas de mayor resistencia".[717] Inspirado en estilo Art Decó, este edificio se inauguró en 1932 y fue considerado como "el primer rascacielos mexicano", ubicado en la esquina de las actuales avenidas Juárez y Eje Central.

Diversos datos y conclusiones sobre el comportamiento del suelo se derivaron de esta construcción; se observó, por ejemplo, que al aliviar la carga del terreno ya consolidado —mediante puntales colocados en las casas circunvecinas para impedir afectaciones— el terreno detuvo su hundimiento.

Para entonces el problema ya se consideraba serio y el afán constructivo era cada vez más ambicioso. Los remedios habían sido exigidos por numerosas manifestaciones: casas hundidas o cuarteadas; albañales en contrapendiente o desarticulados; ondulaciones sobre el terreno superficial; inundaciones en patios de edificios, como el de Obras Públicas, 60 centímetros debajo de su nivel original. Las soluciones recorrieron desde estándares de construcción fijados por la Dirección de Obras Públicas (por ejemplo la disminución de la capacidad de reacción del terreno desde 1 kg/cm^2 hasta 0.5 kg/cm^2) hasta la construcción de cimientos de plataforma total; consolidación del terreno con pisones de una capa de mezcla terciada; bombeo de agua para acelerar el hundimiento; estudio de las propiedades del *jaboncillo* (cenizas volcánicas finísimas, barro y agua hasta la saturación); construcciones a base de estructuras reticuladas y rígidas; consolidación del terreno con inyecciones de arena, cal y arcilla (método empleado en el Palacio de Bellas Artes); etcétera.

A finales de los años treinta, los cálculos para cimentación en la ciudad de México se apoyaban ya en estudios teóricos acerca del comportamiento de los terrenos bajo las cargas. Tal era el caso de la teoría sobre la estabilidad friccional de la tierra de Ranking, aplicada al problema de la cimentación, que se basaba en el siguiente principio: "La resistencia al desalojamiento según un plano cualquiera, en una masa granular, es igual a la presión normal ejercida

717 L. Rivero del Val, "El problema de la cimentación. XI", *Edificación*, 4, 1, enero-febrero, 1937, p. 10.

entre las partes de la masa de cada lado del plano, multiplicada por el coeficiente de frotamiento de la masa, esto es, por la tangente del ángulo de reposo."[718]

El pionero en los estudios de mecánica de suelos fue Therzaghi, quien había abierto ese campo desde 1925. El especialista austriaco visitaría México en febrero de 1939, cuando evidenció la importancia que guardaba para el país este tipo de estudios. Sus teorías dieron lugar a experimentos locales con la construcción de la Presa San Joaquín y después con el Hospital Militar, ambos en la zona noroeste de la capital.

Con el resultado de nuevos datos, nuevas técnicas y nuevos conocimientos, se inició la construcción de un edificio aún más alto, para albergar a la Lotería Nacional. A comienzos de 1936 se había celebrado en la Universidad de Harvard la Primera Conferencia Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de la Cimentación, en donde se reconoció a México como una de las ciudades con mayores problemas de cimentación, debido a la ligereza del suelo (unos 1 130 kg/m^3); a su alto contenido de agua (475 por ciento y aun más), y a la proximidad de este contenido al límite líquido de la arcilla (518 por ciento), dada también la abundancia y la profundidad a la que se encuentran tales estratos. Las nuevas construcciones no podrían estar ya desasociadas de estudios especializados:

> las condiciones de la cimentación en la Ciudad de México son de tal manera graves, que no es posible dispensarse de hacer estudios concienzudos de los movimientos del suelo, comenzando por los que causan las sobrecargas debidas a la edificación y también los que causan los aligeramientos producidos por las excavaciones.[719]

Así, el diseño para el edificio de la Lotería dedicó parte sustantiva a las cuestiones del subsuelo:

718 L. Rivero del Val. "El problema de la cimentación. I", *Edificación*, II, 2, marzo-abril, 1935, p. 17.

719 J. Cuevas, "El subsuelo de la ciudad de México", *RMIA*, XVI, 10, 24 de octubre, 1938, pp. 593-603.

> Mucho se ha podido averiguar al respecto con motivo de las obras de cimentación del nuevo edificio para la Lotería Nacional valiéndose de puntos de referencia enterrados, llamados *Testigos*. Consisten éstos en bancos meramente prendidos a mayor o menor profundidad en el seno del suelo, y están provistos de postes verticales más o menos ligeros cuya extremidad superior es accesible a las operaciones de nivelación que sirven para averiguar los ascensos o descensos del *testigo* con relación a bancos de nivelación fijos, ya en las montañas cercanas o en el fondo de roca sólida. El punto donde se ha colgado más la Ciudad se halla cerca de San Lázaro. Los asentamientos han alcanzado ya a más de 2.40 mts. Los tubos de los pozos artesianos más o menos profundos, van saliéndose del suelo como si éste los arrojara de sí.[720]

Los estudios sobre mecánica de suelos y cimentaciones no se limitaron al Distrito Federal. A raíz de un movimiento tectónico que afectó al estado de Oaxaca el 14 de enero de 1931, causando severos daños tanto en las construcciones como en los caminos, se hizo un reconocimiento de las causas y los efectos del fenómeno por parte de una comisión del Instituto de Geología. Dentro de las causas, y subordinándolas desde luego al acontecimiento telúrico, se enumeraron problemas de construcción: "en las construcciones intervinieron como elementos determinantes de la destrucción: sistemas defectuosos de construcción; mala calidad del material empleado y, carácter geológico del subsuelo",[721] lo que derivó en un conjunto de recomendaciones que, para los efectos del presente estudio, abarcaban las siguientes:

> cimientos profundos y aislados en lo posible de la superficie del suelo, donde la intensidad del movimiento es mayor; plantas de edificios cuadradas y provistos éstos de patios interiores que puedan servir de refugio a los moradores; muros reforzados con tirantes diagonales, para resistir los esfuerzos de tensión a 45°, que se originan con el tem-

720 *Ibidem*, p. 596.

721 T. Barrera, "El temblor del 14 de enero de 1931. Informe que rinde la Comisión nombrada por el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma", *RMIA*, IX, 4, 15 de abril, 1931, p. 186.

> blor; umbrales en las puertas de viga de madera o de vigueta de fierro y penetrando bastante los muros; poner alma de fierro a los pilares o arcos de mampostería; colocar soleras a lo largo de los muros, para descansar en ellas las vigas de los techos, procurando que éstas penetren bastante en el espesor del muro; [...] evitar la construcción de muros mixtos de adobe y tabique, especialmente cuando este último se coloca en la parte alta; hacer amarres efectivos en las esquinas de los muros para evitar su fácil desprendimiento.[722]

Las inquietudes y los adelantos en materia de cimentación alcanzaron un clímax en febrero de 1939 cuando Terzaghi fue invitado a México a discutir sobre el tema con los expertos universitarios, entre los que se encontraban Nabor Carrillo, Manuel Ortiz Monasterio, Fortunato Dozal y José A. Cuevas, con la propuesta de éste último de crear un comité mexicano de cimentación:[723]

> Observando a mayor detalle la dinámica de integración y desarrollo de saberes a favor de la maduración de la ingeniería civil mexicana, podemos constatar distintos pasos diferenciados en, por ejemplo, la construcción de presas y su impacto en los estudios de mecánica de suelos. Fueron tres las obras que representaron una etapa decisiva en este sentido, protagonizadas por la Comisión Nacional de Irrigación: la de El Azúcar, con un largo dique de cerca de seis kilómetros, aunque de altura relativamente no tan grande, unos 42 metros en su parte máxima, el cual dio fomento considerable a los estudios de mecánica de suelos y fue casi el motivo decisivo para la formación de un laboratorio de hidráulica, por la importancia tan considerable que su vertedor implicaba para poder dar paso con seguridad a las crecientes del río San Juan. La presa de La Angostura, con su arco de concreto de más de treinta metros en la base y de más de ochenta metros de altura apoyado en formaciones de roca no del todo satisfactorias, requirió estudios detallados de estabilidad, que pudiéramos llamar superior, para determinar las secciones más adecuadas a cada altura; su vertedor también fue objeto de estudios especiales en el laboratorio

722 *Ibidem*, p. 209.

723 *Ingeniería*, XIII, 3, marzo, 1939, p. 83.

hidráulico, puesto que daba paso a las crecientes por un canal curvo. La presa El Palmito, para controlar el caudaloso y caprichoso río Nazas, también implicó estudios especiales de mecánica de suelos, para su cortina de tierra apisonada, y de laboratorio hidráulico para sus válvulas compuertas y vertedor. Y naturalmente no sólo los problemas esenciales técnicos, como los de estudios y proyectos; estudios de las cuencas, de las condiciones hidrológicas, de las condiciones geológicas, de la operación de la distribución y proyecto de la estructura y sus innumerables detalles.[724]

Aparte de los estudios de mecánica de suelos, otros adelantos técnicos fueron determinados por el programa de construcción de presas. Por primera vez en el mundo el ingeniero Chas P. Williams, consultor de la presa Rodríguez, en Baja California, introdujo el empleo del cemento de bajo calor, innovación que fue seguida muy poco después en la construcción de presas en Alta California, y adoptada en la construcción de la gran presa Boulder, sobre el río Colorado. Las condiciones geológicas especiales del sitio de la presa Don Martín, sobre el río Salado, en Coahuila, fueron un factor primordial para que los ingenieros de la J. G. White Eng. Corp., contratistas del gobierno federal, introdujeran y construyeran, por primera vez en el mundo, una presa de tipo único, ideado por el desaparecido ingeniero suizo Fred Noetzlin y que es el tipo de presa de machones de cabeza redonda. La presa Calles, de arco, en Aguascalientes, constituyó un notable ejemplo de diseño, siendo una de las primeras en el mundo que fue calculada íntegramente por el procedimiento de carga de prueba, ideado por los ingenieros C. H. Howell y el para entonces fallecido A. C. Jacquith. Este procedimiento, perfeccionado, se aplicó también a la presa Boulder y más tarde por ingenieros mexicanos en la presa de La Angostura, de 100 metros de altura, construida sobre el río Bavispe, en el estado de Sonora.

Por primera vez en México también, en la presa Rodríguez, bajo la dirección del ingeniero Chas P. Williams y, casi simultáneamente,

724 F. Gómez Pérez, "La Ingeniería Civil en México", *RMIA*, XXV, 10-11-12, octubre-noviembre-diciembre, 1947, p. 223.

en el Sistema Nacional de Riego N° 5, Río Conchos, Chihuahua, por iniciativa de ingenieros mexicanos y bajo la dirección del ingeniero Andrew Weiss, se introdujo el proporcionamiento científico del concreto, basado en la relación agua-cemento, y en los últimos estudios disponibles entonces, del profesor Duff A. Abrams.

Bajo la dirección de técnicos alemanes se introdujeron los procedimientos modernos fotogramétricos para levantamientos terrestres y aéreos. La Comisión Nacional de Irrigación era la única dependencia de la República que contaba entonces con un equipo completo para esta clase de levantamientos.

En el campo de diseño estructural se introdujeron, apenas publicados en Estados Unidos, los procedimientos del profesor Ardí Cross para el diseño de estructuras planas estáticamente indeterminadas. Para el diseño de alcantarillas se hizo un estudio de las últimas investigaciones realizadas en la Universidad de Iowa para la determinación del empuje de la tierra en tubos de diversas rigideces, enterrados en distintas condiciones de apoyo.

Se construyeron diversas presas de enrocamiento, en las que se incorporaron los últimos adelantos de la técnica y se introdujeron innovaciones. Las redes de distribución de agua, de drenaje y de caminos en los sistemas de riego se planearon y se construyeron conforme a los últimos adelantos de la técnica. Por 1932 la labor de la compañía J. G. White, contratista del gobierno federal para el diseño y construcción de obras de riego y generación de electricidad, tocaba a su fin. Los principales ingenieros de dicha compañía, verdaderas eminencias de la profesión, antes de venir a México ocupaban puestos prominentes en la Comisión Americana de Regadío. Los ingenieros mexicanos de la Comisión Nacional de Irrigación, durante ese periodo asimilaron y adquirieron todas esas experiencias.

Acto seguido, se evidenció un decaimiento marcado en las actividades constructivas de la Comisión Nacional de Irrigación desde antes de 1932 hasta mediados de 1935, cuando se reanudó el ímpetu constructivo, ahora a manos íntegramente de ingenieros mexicanos. La repentina expansión de sus actividades después de un paréntesis de aletargamiento relativo, colocó súbitamente a dicha comisión

frente a obstáculos que no tenían antecedentes, y abrió la más brillante oportunidad que se haya presentado nunca en la historia de la ingeniería en México.

Durante una conferencia sustentada por el entonces jefe de proyectos de la CNI en 1938 se expusieron así los retos técnicos de la ingeniería mexicana:

> La premura de ejecución exige que en un brevísimo período se proyecten presas de características únicas, conforme a disciplinas que apenas se acaban de establecer en el extranjero, y que se construyan con la rapidez y la calidad que únicamente pueden obtenerse con los modernísimos procedimientos de construcción. En el campo de las presas de tierra se introducen por ingenieros mexicanos los modernos procedimientos de construcción de terraplenes apisonados, con éxito brillante, y cuando apenas se estaban divulgando en Estados Unidos, su país de origen. La presa de tierra de El Azúcar, río San Juan, Tamaulipas, de 6 kilómetros de longitud y 40 metros de altura en la sección máxima; y la presa de tierra de El Palmito, sobre el río Nazas, Durango, de 330 metros de longitud en su coronamiento y 90 metros de altura, la más alta del mundo en su clase, presentan complicados problemas de Mecánica de los Suelos que están siendo resueltos por ingenieros mexicanos. Las impetuosas avenidas torrenciales de los ríos aprisionados obligan al diseño de enormes vertederos de demasías; para la Presa de El Azúcar, de 22 500 m^3/s de capacidad; para la de El Palmito, de 8 000 m^3/s y para La Angostura, de 3 000 m^3/s, con características muy diversas, presentándose numerosísimos problemas de Mecánica de Fluidos, que son resueltos por ingenieros mexicanos por medio de la aplicación moderna de las teorías de la semejanza dinámica. A iniciativa de la Comisión, la Universidad Autónoma de México implanta cursos de post-graduados para el estudio de Mecánica de los Suelos, de Elasticidad e Hidrodinámica, que desarrollados por competentes profesores, contribuyen valiosamente al continuo movimiento ascendente de la ingeniería en México.[725]

725 C. Jiménez, "Contribución de la Comisión Nacional de Irrigación al adelanto de la Ingeniería en México", *RMIA*, XVI, 3, marzo, 1938, p. 129.

El caso de la presa La Angostura representa de alguna manera la culminación de esa etapa de maduración, pues resume los diversos saberes que se habían alcanzado en distintos órdenes para emprender —exclusivamente con recursos locales— una obra de esas características. En efecto, programada para terminar su construcción en 1940, la presa La Angostura, en el estado de Sonora, resulta una buena muestra de los avances técnicos logrados hasta entonces en ese tipo de construcción en México. La cortina de la presa fue construida a base de dovelas coladas sucesivamente de 1.50 metros con técnicas de cemento de bajo calor. En octubre de 1939 las dovelas alcanzaban 48 metros sobre su cimentación. Se colocaron atomizadores de agua, insertos en tubería de tres cuartos de pulgada colocados a 60 centímetros fuera de las aristas, y se hizo circular agua durante 28 días continuos posteriores al colado.[726] Funcionando con dos turnos de trabajadores y un presupuesto mensual de 375 mil pesos, se lograban colar hasta ocho mil metros cúbicos al mes, con materiales elaborados en una pequeña fábrica —Cemento Portland Nacional, S. A.— ubicada cerca de Hermosillo, con capacidad máxima de 2 500 toneladas al mes y que estaba entonces dedicada en exclusiva al abasto de la presa, y seguía indicaciones de la propia Comisión Nacional de Irrigación para la selección de materias primas y la producción de cemento de bajo calor, con lo que lograba estándares superiores a los norteamericanos, porque su contenido de aluminato tricálcico (compuesto detrimental) resultaba menor (0.6 por ciento), y su contenido de silicatos (compuestos benéficos) era superior (16 por ciento); las cualidades del cemento empleado en La Angostura merecieron la publicación de un resumen en la revista londinense *Cement and Lime Manufacture*. Para entonces se había fundado un importante Laboratorio de Ingeniería Experimental, único en su género en Latinoamérica.[727]

En lo que se refiere al otro de los ejes del desarrollo de la ingeniería civil en México —la construcción de caminos— habría que decir que para 1940 se contaba ya con casi 10 mil kilómetros de

726 F. Barona, "Un año de colados de concreto en la presa de La Angostura", *RMIA*, XVII, 12, 24 de diciembre, 1939, p. 633.

727 A los escasos meses de funcionamiento de dicho laboratorio, los responsables de la CNI aseguraban haber ahorrado más de un millón de pesos, aparte de las grandes aportaciones técnicas que representaba su funcionamiento.

carreteras transitables, realizadas en su mayoría con técnicas logradas por ingenieros mexicanos. Tal fue el caso de la más importante conexión terrestre de la época, la vía México-Nuevo Laredo, de 1 228 kilómetros, un costo de 61 millones de pesos y 11 años de trabajo. Durante la ceremonia inaugural —en julio de 1936— el entonces subsecretario de Comunicaciones y Obras Públicas, el ingeniero Vicente Cortés Herrera, dijo:

> Ha constituido para nosotros una escuela desde el punto de vista educacional en la técnica de la construcción de caminos, al mismo tiempo que se ha reflejado en la preparación de expertos en la misma construcción, y en la enseñanza de obreros especializados en sus diversas ramas, todo lo cual será de gran utilidad para la continuación del Programa de Caminos.[728]

Un panorama para 1940 daba cuenta de esa actividad con los siguientes datos:

> Hoy en día están abiertos al tráfico los siguientes caminos nacionales: el camino México-Laredo de 1225 kilómetros de longitud, transitable todo el año y petrolizado en su mayor longitud. El camino México-Acapulco, con una longitud de 454 kilómetros y tránsito asegurado en cualquier época del año. También está terminado el tramo México-Puebla, de la carretera Nogales-Suchiate. Para fines del presente año, quedará abierto al tránsito el camino México-Guadalajara, otro tramo del camino Nogales-Suchiate, de una longitud de 681 kilómetros, el que pasará por Toluca, Morelia, Guadalajara. Además quedarán terminados 4 900 kilómetros de caminos que el Gobierno Federal está construyendo en colaboración con los Gobiernos de los Estados que forman la República Mexicana.[729]

La experiencia lograda en la esfera de la construcción de carreteras fue equivalente a la obtenida en la de irrigación: solvencia

728 "Ecos de la inauguración de la Carretera México-Nuevo Laredo", art. cit., p. 402.

729 R. Ortega Mata, "Las construcciones que lleva a cabo el Gobierno de México", *RMIA*, XVIII, 1, 24 de enero, 1940, pp. 44-45.

técnica; interacción con diversas áreas del conocimiento y tecnologías; trabajo experimental y de investigación; empleo de maquinaria sofisticada y de complejos sistemas administrativos; articulaciones funcionales con los sectores público y privado; vínculos operativos permanentes y de influencia recíproca con la academia,[730] y participación efectiva en la actividad económica de la sociedad.

Las publicaciones especializadas

Es importante poner en relieve el hecho de que no obstante el desarrollo efectivo de la ingeniería civil mexicana logrado en los años que siguieron a la lucha armada, apenas se contaba con una incipiente tradición propia. A ello se refirió el ingeniero Francisco Gómez Pérez, entonces presidente de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, al conmemorar el septuagésimo primer año de la Asociación:

> Hay que hacer notar que el espacio de tiempo durante el cual ha venido publicándose con toda regularidad la *Revista* [*Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*], no corresponde ya a los años aciagos de la lucha armada, sino más bien al principio y desarrollo de la época reconstructiva en la cual los ingenieros han vuelto a tener posibilidad de desarrollar con bastante amplitud sus actividades dentro del nuevo orden de cosas que ha correspondido a este plazo. Y si ello es así, tiene uno que preguntarse qué es lo que ha pasado. Parece que en este aspecto la Asociación como grupo ha dejado escapar la oportunidad de ir formando una práctica mexicana, es decir, un conjunto de doctrinas o de métodos típicamente nuestros que ya existen en el desarrollo de las actividades del ingeniero, pero que en general se encuentran dispersos y constituyen el patrimonio técnico de ciertos individuos pero que es necesario ir cuajando en forma escrita para que lleguen a ser útiles al grupo y constituyan la práctica. Para concretar basta recordar el nú-

730 Todavía funcionaba casi en exclusiva la sede de la Universidad Nacional, que para 1939 concedió 39 títulos de ingeniero civil, aparte de otros 13 en las demás ramas. Los planes y programas de estudio se encontraban en una dinámica de revisión y actualización al impacto de las realizaciones en infraestructura.

mero grande de ingenieros que en estos últimos años han trabajado en caminos, irrigación y ferrocarriles para no citar sino estas actividades que han requerido grandes organizaciones y pensar en el número de problemas técnicos que han sido encomendados para su resolución a los ingenieros mexicanos, muchos de ellos miembros de la Asociación, y al mismo tiempo observar lo poco que ellos han dejado escrito para guía de los demás.[731]

El problema de la falta de publicación y difusión de los avances técnicos y científicos en la materia no era nuevo. Años antes se había llamado la atención a ese respecto, como consta, por ejemplo, en una intervención del ingeniero Leopoldo Salazar Salinas durante una sesión de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en febrero de 1926:

> En el terreno científico la deficiencia es, en verdad, notoria: muy pocas son las personas que dan a conocer sus opiniones por medio de la prensa y aun en los pocos casos que existen, el vehículo aceptado no ha sido el más propio para la exposición de esta clase de conocimientos, ya sea por escasa circulación, por mala presentación, por inoportuna aparición, o por otras bien conocidas. Y si de trabajos de investigación o siquiera de popularización o de recopilación científica, es esto cierto, más lo es en tratándose de libros de carácter didáctico, en cuyo campo la producción puede considerarse casi nula en México. Y para una y otra manifestación de pobreza hay, en mi sentir, una razón poderosísima: la evolución científica ha alcanzado en estos tiempos culminaciones asombrosas y las facilidades que la imprenta proporciona en otros países, son inasequibles por ahora en nuestro medio.[732]

No obstante lo anterior, la publicación de revistas especializadas en México data en realidad del último tercio del siglo XIX. En efecto,

731 F. Gómez Pérez, "Al comenzar el Septuagésimo primer año de la Asociación", *RMIA*, XVI, 1, enero, 1938, p. 3.

732 L. Salazar Salinas, "Los libros de texto para la enseñanza científica en México", *RMIA*, IV, 5, 15 de mayo, 1926, pp. 246-247.

la más antigua de las publicaciones especializadas fue los *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, que vio la luz entre 1886 y 1920, con el apoyo original de la Secretaría de Fomento. Varios trabajos importantes desde el punto de vista técnico y científico fueron divulgados por esa revista, en particular hasta antes de la Revolución, atendiendo asuntos como el desagüe y saneamiento de la ciudad de México, puentes, ferrocarriles y puertos. En una etapa posterior, y tal vez debido a inestabilidad política y a diferencias entre miembros del organismo, se dio preferencia editorial a informes, reportes de sesiones administrativas, y textos similares, según revela un estudio bibliométrico.[733]

Sin duda, esta publicación es la de mayor relieve en la época y resulta fuente indispensable para contemplar la actividad de los ingenieros. Su perfil y sus contenidos se corresponden de modo fiel con las circunstancias reales de la ingeniería mexicana durante el porfiriato.

De los 163 autores que publicaron en los *Anales* a lo largo de su historia, 17 de ellos fueron los autores responsables de más de 30 por ciento de lo publicado, lo que indica una fuerte preeminencia —además de su vocación difusora— de algunos de los miembros de de Ingenieros y Arquitectos de México, como es el caso de Agustín Aragón, Roberto Gayol, Luis Espinosa, Elmer L. Corthell, Daniel Olmedo, y otros.

Asimismo, la distribución temática refleja el orden de prioridades del régimen anterior a la Revolución. En los temas relacionados con ingeniería, la distribución porcentual muestra el siguiente comportamiento: desagüe del Valle de México, 26 por ciento; ferrocarriles y puentes, 17 por ciento; ingeniería sanitaria, 12 por ciento; puertos y navegación, 10 por ciento; canales y ríos, 10 por ciento; calzadas y carreteras, 9 por ciento; electricidad, 9 por ciento, y mecánica, 9 por ciento.[734] Al margen de los temas que de manera estricta corresponden a la esfera de la ingeniería (en todas sus ramas), los otros asuntos de los que se ocupó la publicación guardan relación

733 A. Pérez Martínez, "Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México", p. 115.

734 *Ibidem*, p. 91.

con el proyecto modernizador del porfiriato, dentro de un rango disciplinario afín al propósito de reconocer las posibilidades de explotación del territorio.[735]

Y aunque, en efecto, los *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México* sobrevivieron a la gesta revolucionaria, hay clara evidencia de que a partir de 1908 su producción científica y humanística decayó en forma considerable. Sin duda el periodo de mayor productividad —con todo lo que ello significa en términos de divulgación del quehacer de la ingeniería— se ubica entre 1897 y 1907. Particularmente a raíz del movimiento armado, los *Anales* fueron perdiendo presencia hasta el día de su extinción.

Cabría mencionar otras publicaciones de la época, si bien estaban dedicadas de forma preferente al ramo de la arquitectura; tal es el caso de la revista *El Arte y la Ciencia*, cuyo primer número apareció a comienzos de 1899. Esta revista de tiraje mensual tenía el propósito de divulgar las novedades en arquitectura, pero también en ingeniería, y fue fundada, precisamente, por el arquitecto Nicolás Mariscal, quien presidía la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Acaso por esa misma razón, entre los colaboradores se cuentan nombres de prestigiados ingenieros como Gayol, Anza, Torres Torija, Aragón y otros. Resulta interesante notar el propósito explícito de la revista, pues con toda claridad intentaba dar constancia de la obra constructiva del porfiriato:

> El desarrollo vigoroso en Méjico [*sic*] de las obras materiales ha obligado a los arquitectos e ingenieros a desplegar sus energías con celo nunca antes visto, estudiando y resolviendo múltiples problemas de construcción de edificios, vías férreas, puentes, obras hidráulicas, mineras, etc. [...] pero es sensible que los esfuerzos dirigidos hacia ese adelanto no hayan sido consignados.[736]

La revista dejó de circular con el estallido de la Revolución, en 1911.

Suerte similar corrió la *Revista de Ingeniería,* fundada en 1908 por un grupo de alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros, en-

735 *Ibidem*, p. 76.

736 *El Arte y la Ciencia*, I, 1, enero, 1899, p. 1.

cabezados por José Treviño García, Fernando Dublán y otros. Era el órgano mensual de la Sociedad de Alumnos del plantel, y su publicación fue interrumpida en diciembre de 1913. Se puede considerar la primera publicación periódica nacional sobre temas de ingeniería.

Más adelante, cuando se superó la etapa armada de la Revolución y se dio inicio a la fase constructiva, emergieron otras publicaciones que de cierto mostraban un carácter distinto, en cuanto servirían para apuntalar la tarea constructiva que estaba por iniciarse. En 1923 apareció la *Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*, heredera en varios sentidos de los *Anales*, pero con un perfil más moderno. La responsabilidad editorial seguiría a cargo de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México —que no había perdido respetabilidad, pero sí confianza, en cuanto sus orígenes porfirianos—, pero ahora en colaboración con el flamante Centro de Ingenieros, agrupación gremial que tenía ya un papel relevante en el proceso constructivo. Las tendencias de la agrupación se traslucen con claridad en una nota de prensa que consignaba la ocupación de locales para esos ingenieros:

> El Centro de Ingenieros prepara para los primeros días del mes entrante, la inauguración de los espléndidos salones que ha adquirido en el edificio de La Mexicana, donde antes estaba situada la Bolsa de Valores. El acto inaugural consistirá probablemente en un concierto que promete ser brillante, dados los elementos sociales que en él toman parte. Aunque este centro está formado por los miembros más prominentes de la profesión, también se han agrupado a él muchos hombres de negocios y compañías que han secundado con entusiasmo la idea de esta agrupación de carácter social.[737]

El cometido consistía en agrupar y coordinar esfuerzos para emprender una tarea común, al mismo tiempo que consignar los desarrollos en el campo.

Otra publicación especializada de importancia fue la revista *Ingeniería*, órgano de la Escuela Nacional de Ingenieros, que comenzó

737 "Próxima inauguración de salones", *El Pueblo*, 23 de mayo, 1918, p. 8.

a circular en agosto de 1927. Con un contenido de carácter científico, esta publicación, sin embargo, estaba configurada como recurso didáctico de apoyo, y buena parte de sus textos eran de tipo teórico. "Con la ayuda de la Revista *Ingeniería*, órgano de esta Escuela, se han conseguido ya y se espera conseguir muchísimos más ejemplares para la Biblioteca a cambio de anuncios o de la publicación de comentarios alusivos a los mismos."[738] La cita anterior es parte de un informe de la dirección de la Escuela relativo al periodo presidencial 1924-1928, cuando llevaba ya la revista más de un año de vida "francamente próspera".[739] La edición estaba subvencionada por la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, y contaba con la participación directa del profesorado universitario, que, agrupado por comisiones, diseñaba los contenidos de la revista. Esta publicación continuaba apareciendo en 1940.

Durante ese mismo periodo se publicaron 25 números de la revista *Cemento*, patrocinada por una empresa privada, entre 1925 y 1930; efectivamente, Cementos Tolteca realizó esta edición bajo la guía de Federico Sánchez Fogarty. A pesar de su carácter netamente comercial, su postura de apoyo a las realizaciones pioneras de la arquitectura contemporánea internacional le otorgó un sitio dentro del gremio de los arquitectos y de los ingenieros. Sin embargo, su principal interés consiste en haber recopilado las obras vanguardistas de aquellos mexicanos que favorecían el uso del cemento. De ese modo quedaron registradas construcciones importantes como el Centro Deportivo Venustiano Carranza, el Orfanatorio de San Antonio o el fraccionamiento Hipódromo-Condesa, entre muchas otras aportaciones locales. *Cemento* se difundió con un tiro mensual de 10 mil ejemplares, lo que da idea de lo ambicioso del empeño y de la oportunidad para acometer una campaña masiva en el empleo del material, por lo que esta publicación contuvo una buena cantidad de recomendaciones técnicas.

Ya en los años treinta vio la luz la revista *Edificación*, órgano de la Escuela Superior de Construcción, dependiente de IPN, que brin-

738 "Informe general relativo a la marcha de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de México, durante el período presidencial de 1924 a 1928", doc. cit., p. 12.

739 *Ibidem*, p. 15.

daba entonces las carreras de Proyectista Técnico de Construcciones; Constructor Técnico e Ingeniero Constructor. La publicación era bimestral y, en el mismo sentido que su homóloga universitaria —*Ingeniería*— fue perfilada especialmente como material didáctico, pero incorporando una buena cantidad de información sobre la memoria técnica de las construcciones mexicanas en curso. El número 1 de esta revista corresponde a los meses de septiembre y octubre de 1934, y en diciembre de 1940 contaba ya con 35 números publicados.

En el rubro de las publicaciones oficiales debe mencionarse el *Boletín de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas*, que, aun cuando presenta muy escasa información sobre la actividad constructiva, es rica en cambio en lo que se refiere a actas, legislación, informes administrativos, contratos, etcétera. Esta publicación inició actividades en diciembre de 1921.

Esta misma Secretaría se encargó de editar, por medio de su Departamento Autónomo de Prensa y Publicidad, una de las publicaciones —acaso la primera— que intentaron recoger de forma explícita el avance científico de la ingeniería mexicana. Se trata de la *Revista de Ingeniería*, cuyo número 1 corresponde al mes de octubre de 1937. La nota editorial con la que se inauguraron las exposiciones explicita lo siguiente:

> al aparecer ahora *Ingeniería*, uno de los órganos del Gobierno Mexicano y de su principal instrumento constructivo, como lo es la Secretaría de Comunicaciones [*sic*] [...], hará aquí la exposición de su obra de cooperación en la tarea general del plan de gobierno, fincado en un firme cimiento científico, que le permite a la Nación no confiar al azar sus destinos".[740]

En diciembre de 1939, cuando completaba 14 números publicados, y ante la desaparición del mencionado Departamento Autónomo de Prensa y Publicidad, los editores de la revista anunciaron en su último número una transformación que radicalizaría el propósito de hacer una obra seria desde el punto de vista científico; "la nueva

740 "Editorial", *Revista de Ingeniería*, I, 1, octubre, 1937, p. 4.

Revista de Ingeniería va a ser el órgano más importante para la Ingeniería Mexicana".[741]

Mención especial merece la revista *Irrigación en México*, que vio la luz en mayo de 1930. Órgano oficial de la Comisión Nacional de Irrigación, esta publicación mensual emergió con la intención explícita de dejar constancia de la marcha de las actividades bajo su responsabilidad.

> La Comisión ha sentido desde hace tiempo la necesidad de exponer todas sus actividades al análisis más libre y más abierto del elemento interesado en los trabajos de la índole de los que le competen, y ha dicho siempre, cuando ha tenido algo que decir, cuál es la secuela técnica de sus proyectos, el desarrollo ejecutivo de los mismos, los problemas sociales que de sus actividades se derivan y, en resumen, ha puesto hasta ahora general cuidado en documentar al público de la marcha general de sus obras.[742]

La década siguiente la revista se mantuvo de forma ininterrumpida, consignando efectivamente el desarrollo de la ingeniería en los ramos relativos a construcción de presas y obras de irrigación, aunque incursionando, de forma eventual, en otros campos temáticos.

El organismo par de la Comisión —es decir, la de Caminos— intentó por su lado la publicación de un *Anuario*, más o menos con los mismos propósitos: "al comenzar el año de 1930 se publica este folleto con la idea de iniciar una información sistemática, precisa y completa de los progresos realizados en la construcción de caminos modernos",[743] pero fuera de un número aislado la idea no prosperó.

Las publicaciones no periódicas veían la luz con cierta regularidad, respaldadas por la Universidad Nacional y su plantel de ingenieros. Varios de los más destacados miembros del profesorado solían escribir y publicar textos que fundamentalmente seguían un fin didáctico y servían de apoyo a las diversas asignaturas. Estas

741 *Revista de Ingeniería*, III, 14, noviembre-diciembre, 1939, p. 1.

742 "Sección editorial", *Irrigación en México*, I, 1, mayo, 1930, p. 3.

743 Comisión Nacional de Caminos, *Anuario*, 1 de enero, 1930, p. 3.

publicaciones se ponían a disposición del público a un costo muy reducido y existía, en los años treinta, la Sociedad Editora de Apuntes de la Escuela Nacional de Ingenieros. Presento a continuación algunos de sus títulos: *Apuntes de la clase de concreto*, del ingeniero Alberto Muñoz; *Cálculo simplificado de estructuras de concreto*, del ingeniero Jorge Quijano; *Estabilidad de las construcciones*, del ingeniero Claudio Castro; *Manual de hidromensura*, del ingeniero Ricardo Toscano; *Ayuda-memoria de construcción*, del ingeniero José G. Ledezma, etcétera.

La formación de una tradición propia en materia de ingeniería, apoyada y favorecida en el texto escrito, comenzaba a tomar forma hacia 1940. Cualquiera de las revistas especializadas de esa época revela ya un carácter eminentemente científico y referido a las obras locales. No hay que dejar de mencionar las memorias técnicas que se acostumbraba elaborar por los ingenieros responsables de obra después de concluirla y que, sin duda, servirían como referente para el avance de la disciplina.

Al final de esta etapa en todo caso —y al margen de poder registrarlo como conocimiento escrito o conocimiento practicado— constatamos que se produjo un tránsito efectivo desde los conocimientos no orgánicos y escasamente sistematizados que prevalecían durante el porfiriato, hasta la realización de conocimientos expresados en tecnología.

A lo largo de esta obra he expuesto y analizado las maneras en que la ingeniería civil mexicana alcanzó un nivel de desarrollo que la singulariza y la diferencia de muchas otras prácticas científicas y tecnológicas en la historia del país, ello expresado en diversos pasos que condujeron a la autosuficiencia basada en la aplicación de un conocimiento sistemático a realidades locales, y la toma de distancia, de esta manera, de las determinaciones histórico-estructurales que tienden a definir y localizar actividades científicas y tecnológicas como dependientes, subordinadas a realizaciones y tradiciones foráneas, circunscritas en general a reducidos ámbitos académicos. La sustracción de la ingeniería civil mexicana a las habituales estructuras de dependencia tecnológica tuvo un impacto general al modificar la sociedad que le dio origen en vertientes que, desde luego, rebasan el estricto sentido de lo cognoscitivo, y abarcan desde lo económico y lo político hasta lo administrativo, lo jurídico y lo social, en tanto incluyen sistemas de capacitación laboral, movilidad social, gobernabilidad, fomento a la productividad, acción legislativa y desarrollo de nuevos conocimientos, que configuran un esquema de procesos interconectados y de flujo continuo.

Se trata, desde luego, de un fenómeno complejo que involucra diversos actores, pero que se centra en un papel protagónico del Estado, y que obedece en última instancia a un objetivo históricamente viable, como dispositivo a favor de un programa de modernización capitalista en el que el desarrollo de ese tipo de infraestructura resultaría favorable para impulsar determinados sistemas

de acumulación,[744] que suponía una modernización del capitalismo anquilosado prevaleciente en el porfiriato y que derivó de la relación de fuerzas surgida de la lucha armada. Este dispositivo fue configurado, en lo concreto, a partir de la desarticulación del modelo agroindustrial y monoexportador fuertemente centralizado del porfiriato, y la conveniencia de comunicar de manera eficiente unidades productoras dispersas, sustituyendo con carreteras las antiguas vías férreas, y elevando la productividad de la tierra por medio de la irrigación artificial, con lo que se sustituían los criterios de explotación cuantitativa típicos de la hacienda porfiriana. A tales apremios se vino a sumar el advenimiento de nuevas tecnologías, principalmente —y para lo que incumbe a nuestro tema— el cemento armado, el automóvil y el uso extensivo de la energía eléctrica. Es una perspectiva que conjuga de forma eficiente imperativos políticos, imperativos económicos e imperativos científicos. Habría que añadir, todavía, el hecho de que, dentro de la lógica de conveniencia respecto a la importación de conocimientos y paquetes tecnológicos, el campo de la ingeniería civil demanda soluciones específicas que derivan de las características particulares de la geografía local; por ello, no siempre resulta mejor desde el punto de vista técnico, ni rentable, desde el punto de vista económico, realizar contratos con empresas transnacionales para la creación de infraestructura propia.

Como hemos visto, el momento determinante en este proceso se centró en la creación de las comisiones nacionales de Irrigación y de Caminos, producto de decisiones cupulares del gobierno federal, pero que se insertaron en un panorama más amplio, como acciones de Estado que participan de forma importante en la configuración

744 En el volumen I de *El capital* Marx hace el siguiente comentario cuando se refiere al concepto de acumulación, que parece ajustarse bien a las condiciones y replanteamientos ocurridos en el seno de la sociedad mexicana una vez concluida la Revolución: "el desarrollo de la fuerza social productiva del trabajo presupone la cooperación en gran escala y cómo sólo en este régimen pueden organizarse la división y combinación del trabajo, economizarse medios de producción gracias a la concentración en masa, hacer posible la creación de medios de trabajo, sistemas de maquinaria, etc., que por exigencias materiales sólo pueden emplearse en común, domeñar al servicio de la producción gigantescas fuerzas naturales y llevar a cabo la transformación del proceso de producción en una verdadera aplicación tecnológica de la ciencia". C. Marx, *El capital: crítica de la economía política*, pp. 527-528.

del proyecto de nación. El acoplamiento entre la ciencia ingenieril desarrollada en las etapas previas y el ambicioso programa de infraestructura impulsado por el gobierno federal a partir de los años veinte, fue también producto de una decisión cupular y se verificó por medio de una sustitución gradual de los cuadros técnicos de empresas contratistas estadounidenses por ingenieros mexicanos que tomaron en sus manos no sólo la ejecución de las obras, sino la dirección y la planeación. Es el proceso que en el presente trabajo denominé "Hacia la nacionalización de la ingeniería civil".

El impulso conferido a esta rama no se redujo a ese estricto ámbito. Fueron, en efecto, los programas de construcción de carreteras y de presas y obras de riego las dos palancas de apoyo decisivo a su desarrollo, y este núcleo principal impactó en diversas magnitudes otras esferas relacionadas y, desde luego, otras ramas de la ingeniería civil.

Son dos las conclusiones centrales que se derivaron del curso de la investigación y del análisis de las variables consideradas, conclusiones que por cierto avalan la perspectiva teórica asumida para este trabajo, en la medida en que parece claro que sin los referentes de contexto sencillamente no se accedería a una explicación cabal del proceso. Las dos conclusiones se pueden expresar de la siguiente manera: 1) el desarrollo de la ingeniería civil en el doble aspecto cuantitativo y cualitativo se hizo factible en la medida en que esa actividad científico-tecnológica se fue articulando de forma eficiente y recíproca con el aparato productivo; 2) el gestor fundamental de ese proceso fue el Estado.

Desde luego, existe un buen número de hipótesis y conclusiones secundarias que se relacionan con las variables heterogéneas que se consideraron para acabalar la explicación: la existencia de espacios académicos especializados, materializados en la Escuela Nacional de Ingenieros y en su cuerpo docente; la acumulación de saberes y habilidades y la investigación original, a los que me referí en los apartados dedicados a la participación de los ingenieros en obras; los trabajos de investigación en laboratorios; el intercambio internacional; la canalización de recursos financieros para emprender un programa constructivo, aspecto fundamental que corrió a cargo del

gobierno federal; la configuración de aparatos organizacionales y administrativos para respaldar grandes empresas constructivas, y cuyo primer paso se verificó en la esfera de lo público y como consecuencia de la intervención oficial; la disponibilidad de materiales y maquinarias adecuadas; la colaboración internacional, etcétera. Se trata en su totalidad de temas expuestos a lo largo de esta obra.

Esta reconstrucción histórica alimenta la doble tesis de que, en una sociedad en donde la así llamada "iniciativa privada" no cuenta con estímulos estructurales que incidan en la reproducción ampliada de su capital por conducto del desarrollo científico y tecnológico, el fomento a esa actividad queda constreñido a la voluntad del Estado; y por otro lado, que, en ausencia de dispositivos funcionales en materia de planificación, el Estado interviene en la cuestión en la medida en que tal objetivo emerge como dispositivo necesario en la promoción económica definida en condiciones específicas, lo que se traduce en consenso político, partiendo, desde luego, de la consideración de que dicha promoción y dicho consenso tienen como referente principal a las élites domésticas. Dicho de otra manera, el estudio de este proceso nos muestra que el papel del Estado resulta imprescindible para la realización de actividades científicas y tecnológicas de alto desarrollo.

Un editorial aparecido en un diario de circulación nacional a mediados de 1936, justo en vísperas de la inauguración de la gran carretera México-Nuevo Laredo, alude con mucha claridad a esta cuestión: "Es innegable que entre las más urgentes obligaciones del Estado se halla la de mejorar las condiciones que sirven de asiento a su poder productivo."[745] Las expectativas y las realizaciones en sí de esa gran tarea constructiva mostraban un alcance que abarcaría a la mayor parte de la sociedad.[746]

Así, la ingeniería civil, impulsada por el Estado, se constituyó en un factor de apoyo para un nuevo modelo de acumulación —un nuevo modelo de desarrollo, si se prefiere— a través de la creación

745 "La carretera de México a Laredo", *El Universal*, 30 de junio, 1936, p. 3.

746 No a toda la sociedad, porque, como bien sabemos, prevalecen sectores en condiciones poco diferentes a las de la Colonia.

de una infraestructura determinada, lo que en su momento incidió en beneficio de áreas relacionadas no sólo con la ingeniería civil sino con otras ramas de la ingeniería en general y de las ciencias que le sirven de soporte. Un alto coeficiente de desarrollo en áreas correlativas como las matemáticas, la mecánica de suelos, la metalurgia, la hidráulica, la química, la geografía, etcétera, constituye un valor agregado a ese fenómeno que posibilitó, además, el surgimiento de empresas privadas en la esfera de la construcción capaces de gestionar grandes obras, a la manera de los contratistas ingleses y norteamericanos que les precedieron en México.

ANEXOS

Anexo I

Planes de estudio para la carrera de Ingeniero Civil, 1915, 1928 y 1935[1]

1915	*1928*	*1935*
Primer año	*Primer año*	*Primer año*
Matemáticas (primer ciclo)	Matemáticas Técnicas	Complementos de Álgebra
Topografía e Hidrografía	Topografía	Topografía
Geometría Descriptiva, Estereotomía y Carpintería (primer ciclo)	Geometría Descriptiva	Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral
Dibujo Topográfico	Dibujo Topográfico	Dibujo Topográfico
Dibujo Arquitectónico	Electricidad y Magnetismo	Métodos Generales de Dibujo
Física (nociones preliminares de mecánica, estática y dinámica de los fluidos)	Física	Física (mecánica de fluidos)
--	Prácticas Parciales de Topografía	Prácticas de Topografía
--	Complementos de Matemáticas Técnicas	Geometría Descriptiva
--	--	Conocimiento y Fabricación de Materiales
--	--	Mineralogía y Geología
Segundo año	*Segundo año*	*Segundo año*
Matemáticas (segundo ciclo)	Complementos de Matemáticas Técnicas	Ecuaciones Diferenciales
Geometría Descriptiva, Perspectiva, Estereotonomía y Carpintería (segundo ciclo)	Procedimientos de Construcción (primer ciclo)	Geometría Análitica y Cálculo Diferencia e Integral

1 Datos tomados de: "Plan de Estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros. 1915", AHPM, 1915-II-332, exp. 7, y Universidad Nacional de México, Plan de estudios de la Facultad de Ingeniería, México, Secretaría de Educación Pública / Talleres Gráficos de la Nación, 1928, tomo XVII, núm. 6.

Anexo I (*continuación*)

Segundo año	*Segundo año*	*Segundo año*
Física (calor y electricidad)	Electricidad y Magnetismo	Física (calor y termodinámica)
Mecánica General-Estadística-Mecánica Aplicada a las Construcciones (primer ciclo)	Estática y primer curso de Estabilidad	Estática y Nociones de Estabilidad
Dibujo Arquitectónico	Dibujo Arquitectónico (primer curso)	Física (acústica y óptica)
Dibujo de Máquinas	Dibujo de Elementos de Construcción	Estructuras de Madera y Metálicas
--	Ensayo de Materiales	Ensaye de Materiales
--	Geología (para ingenieros civiles)	Geología Aplicada a las constantes e Hidráulica
	Inglés Técnico	Perspectiva
Tercer año	*Tercer año*	*Tercer año*
Mecánica Aplicada a las Construcciones (segundo ciclo)	Procedimientos de Construcción (segundo curso)	Estabilidad de las Construcciones
Mecánica General-Dinámica (primer ciclo)	Dinámica y Mecanismos	Dinámica
Caminos y Ferrocarriles (trazos y construcción)	Estabilidad (segundo curso)	Cinemática y Mecanismos
Hidrálulica y sus Aplicaciones	Hidráulica	Hidráulica y Prácticas
Tecnología de los Materiales de Construcción y Construcción Práctica	Fierro Estructural	Concreto y Laboratorio
Composición de Proyectos	Dibujo de Elementos de Construcción	Dibujo Constructivo
--	Complementos de Hidráulica	Física (electricidad y mecanismos)
--	Dibujo Arquitectónico (segundo curso) o Dibujo de Máquinas	Cálculo Práctico
Cuarto año	*Cuarto año*	*Cuarto año*
Mecánica Aplicada a las máquinas (segundo ciclo)	Máquinas Hidráulicas	Máquinas Hidráulicas
Ferrocarriles (material rodante y explotación)	Puentes	Puentes

Anexo I (*continuación*)

Cuarto año	*Cuarto año*	*Cuarto año*
Aprovechamiento de Aguas y Vías Fluviales	Ingeniería Sanitaria	Ingeniería Sanitaria y Abastecimiento de Agua y Proyectos
Tecnología de los Materiales de Construcción Práctica	Concreto Armado	Procedimientos Generales de Construcción
Composición de Proyectos	Organización, Administración y Oportunidades de la Carrera de Ingeniería Civil (conferencias)	--
--	Máquinas Térmicas	Máquinas Términas y Laboratorio
--	Laboratorio de Concreto	--
--	Laboratorio de Electricidad	--
--	Dibujo Arquitectónico (tercer curso)	Dibujo Estructural
--	Ingeniería Eléctrica (conocimientos pereceptivos de)	Ingeniería Eléctrica y Laboratorio
--	Hidrología Forestal (conferencias)	--
Quinto año	*Quinto año*	*Quinto año*
--	Obras Hidráulicas	Obrás Hidráulicas y Proyectos
--	Vías Terrestres	Vías Terrestres y Proyectos
--	Puertos y Vías Fluviales	Puentes y Vías Fluviales y Proyectos
--	Presupuestos, Contratos y Avalúos	Contabilidad, Costos y Presupuestos
--	Organización	Economía, Organización y Legislación
--	Composición Arquitectónica	Dibujo de Composición
--	Proyectos de Vías Terrestres	Materia optativa

Anexo II

Escuela Nacional de Ingeniería. Relación del personal designado para prestar servicios durante el año de 1939. Nombramiento, asignatura, grupo y horas por semana[1]

Ing. Mariano Moctezuma	Director
Trinidad Barrón	Secretario
Ing. Basiliso Romo	P.T.* Metereología y Climatología. 1 grupo. 2 hrs. sem.
Ing. Claudio Castro	P.T. Estática y Nociones de Estabilidad. 2 grupos. 2 hrs. sem.
Ing. Luis Cabrera	P.P. ** Ejercicios de Estática y Noc. de Estabilidad en las Construcciones. 2 grupos. 2hrs. sem.
Ing. Armando Cárdenas	P.T. Proyectos de Estructuras de Madera y Metálicas. 2 grupos. 2 hrs. sem.
Ing. Salvador Soto Morales	P.T. Laboratorio de Petróleo y Análisis de Aguas. 1 grupo. 2 hrs. sem.
Ing. Armando Riemann D.	P.P. Proyectos de Obras Hidráulicas. 2 hrs. sem.
Ing. Pedro Martínez Tornel	P.T. Proyectos de Vías Terrestres. 1 grupo. 2hrs. sem.
Ing. Pedro J. Dozal	P.P. Proyectos de Puertos y Vías Fluviales. 1 grupo. 2 hrs. sem.
Ing. David Segura y Gama	P.P. Proyectos de Instalaciones Mineras. 1 grupo. 2 hrs. sem.
Ing. Pedro J. Dozal	P.P. Proyectos de Puertos y Vías Fluviales. 1 grupo. 2 hrs. sem.
Ing. David Segura y Gama	P.P. Proyectos de Instalaciones Mineras. 1 grupo. 2 hrs. sem.
Ing. Jorge Yarza	P.T. Dibujo para Mineros y Petroleros. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. David Segura y Gama	P.T. 1er curso Explotación de Minas. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. David Segura y Gama	P.T. 2° curso Explotación de Minas. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Salvador Soto Morales	P.T. Química Petrolera. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. José Colomo	P.T. 1er Explotación de Petróleo. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Carlos F. Marroquín	P.T. Ensaye para Mecánicos Electr. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Carlos F. Marroquín	P.T. Proyectos de Elementos de Maq. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Carlos F. Marroquín	P.T. Máquinas de Transportes y Transmisiones. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Carlos F. Marroquín	P.T. Construcción y Organización de Plantas y Talleres. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Alfonso Fernández del Busto	P.T. Máquinas de Corriente Alterna. 1 grupo. 3 sem.
Ing. Walter C. Buchanann	P.P. Comunicaciones Eléctricas. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. y arq. Francisco J. Serrano	P.T. Dibujo de Composición. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. y arq. Francisco J. Serrano	P.T. Planeación de Ciudades, Parques y Jardines. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Manuel Buen Abad	P.T. Contabilidad, Costos y Presupuestos para Ing. Civiles. 1 grupo. 3 hrs. sem.

1 Los datos están tomados de: "Relación del personal designado para prestar servicios durante el año de 1939, a partir del día 16 de febrero del mismo, en la Escuela Nacional de Ingeniería", AHUNAM, Universidad Nacional, Secretaría General, 49, exp. 667.

* Profesor titular, ** Profesor Provisional.

Anexo II (*continuación*)

Ing. Andrés Villafaña	P.T. Contabilidad, Costos y Presupuestos para Ing. de Minas y Petroleros. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Fortunato Dozal	P.T. Organización. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Antonio Coria	P.T. Obras Hidráulicas y Proyectos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Enrique Fremont	P.T. Puertos y Vías Fluviales y Proyectos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Pedro Martínez Tornel	P.T. Vías Terrestres y Proyectos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Alberto Muñoz	P.T. Concreto y Laboratorio. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Prof. Alberto Muñoz	P.T. Estructuras de Concreto. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Antonio Santacruz	P.T. Microbiología y Pract. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Antonio Santacruz	P.T. Análisis Cuantitativo. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Med. Cir. Francisco J. Campos	P.T. Higiene Instrial. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Nicolás Durán	P.T. Cálculo Práctico. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Nicolás Durán	P.T. Ingeniería Sanitaria y Proyectos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Salvador Arroyo	P.T. Pavimentos y Calzadas. Iluminación, Tránsito y Limpia. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Inr. Ricardo Monges López	P.T Métodos Geofísicos. 1 grupo 3 hrs. sem.
Ing Bruno Mascanzonil	P.T. Complementos de Álgebra. 1 grupo 3 hrs. sem.
Ing. Bruno Mascanzoni	P.T. Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral y Ecuaciones Diferenciales. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Rodrigo Castelazo	P.P. Complementos de Álgebra. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Rodrigo Castelazo	P.P. Física, Mecánica y Fluidos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Nabor Carrillo	P.T. Complementos de Álgebra. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Alfonso Nápoles Gándara	P.T. Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Alfonso Nápoles Gándara	P.T. Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral y Ecuaciones Diferenciales. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Mariano Hernández B.	P.T. Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Mariano Hernández B.	P.T. Física- Mecánica y Fluidos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Mariano Hernández B.	P.T. Hidráulica y Proyectos. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Prof. Enrique Rivero Borrell	P.P. Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral. 1 grupo. 3 hrs.. sem.
Prof. Roberto Vázquez	P.P. Ejercicios de Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Basiliso Romo	P.T. Física-Mecánica y Fluidos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Luis Vargas	P.T. Ejercicios de Física-Mecánica y Fluidos. 3 grupos. 3 hrs. sem.
Dr. Ciencias José G. Aguilera	P.T. Mineralogía y Geología. 3 grupos. 3 hrs. sem.
Dr. Ciencias José G. Aguilera	P.T. Geol. Física y Element. de Paleontología. 1 grupo. 3 hrs. sem.

Anexo II (*continuación*)

Dr. Ciencias José G. Aguilera	P.T. Geología Histórica. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Alfonso Fernández Varela	P.T. Conocimiento y Fabricación de Materiales. 3 grupos. 3 hrs. sem.
Arq. Adrián Giombini	P.T. Métodos Grales. de Dibujo. 3 grupos. 3 hrs. sem.
Arq. Adrián Giombini	P.T. Perspectiva. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Arq. Adrián Giombini	P.T. Ejercicios de Geometría Descriptiva. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Octavio Bustamante	P.T. Ejercicios de Geometría Descriptiva. 3 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Jesús Ibarra Jr.	P.T. Ejercicios de Geometría Descriptiva. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Jesús Ibarra Jr.	P.T. Proyectos de Ingeniería Sanitaria y Abastecim. de Aguas. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. José L. de Parres	P.T. Topografía y sus Prácticas Parciales. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. José L. de Parres	P.T. Máquinas Hidráulicas. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Ricardo Toscano	P.T. Topografía y sus Prácticas Parciales. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Ricardo Toscano	P.T. Teoría de los Errores y Geodesia. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Emilio Zubiaga	P.T. Prácticas Parciales Topografía. 3 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Domingo Quijano	P.T. Dibujo Topográfico. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Fernando Ríos Venegas	P.T. Dibujo Topográfico. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Teodoro Flores	P.T. Mineralogía y Petrografia. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Jorge Quijano	P.T. Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral y Ecuaciones Diferenciales. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Jorge Quijano	P.T. Cálculo Práctico. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Tomás Barrera	P.T. Geología Aplicada a las Construcciones e Hidrología. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Ramón Gómez Tagle	P.T. Geología Aplicada a las Construcciones e Hidrología. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Fernando Amor y V.	P.T. Ensaye de Materiales. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Prof. Efrén Fierro	P.T. Física, Electricidad y Magnetismo. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Jorge Graf	P.P. Física, Electricidad y Magnetismo. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Jorge Graf	P.T. Laboratorio Ingeniería Eléctrica. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Carlos Vallejo Márquez	P.P. Dibujo Elementos de Máquinas. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Carlos Vallejo Márquez	P.P. Dibujo de Máquinas. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Claudio Castro	P.T. Estabilidad de las Construcciones. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Carlos Gorbea	P.T. Dibujo Constructivo. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Ignacio Avilez	P.T. Máq. Térmicas y Laboratorio. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Eduardo Luque	P.T. Teoría y Máquinas de Corriente Continua. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Eduardo Luque	P.T. Instalación, Operación, Conservación y Prueba de Maquinaria Eléctrica. 1 grupo. 3hrs. sem.
Dr. Ciencias Alfredo Baños Jr.	P.T. Teoría de la Corriente Alterna. 1 grupo. 3 hrs. sem.

Anexo II (*continuación*)

Ing. Wilem Roos B.	P.P. Mediciones Eléctricas y Laboratorio. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Luis Mascott	P.T. Ingeniería Eléctirca y Laboratorio. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Alberto Dovalí Jaime	P.P. Laboratorio de Concreto. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Armando Riemann D.	P.P. Ejercicios de Concreto. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Armando Cárdenas	P.T. Estructuras de Madera y Metálicas, Proyectos. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Ing. Alberto Barocio	P.T. Ingeniería Sanitaria, Abastecimiento de Aguas y Proyectos. 1 grupo. 3hrs. sem.
Ing. Antonio Dovalí Jaime	P.T. Puentes. 2 grupos. 3 hrs. sem.
Prof. Anastasio Guzmán	P.T. Ingeniería Sanitaria, Abastecimiento de Aguas y Proyectos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Alfredo Guerra Cepeda	P.T. Puentes. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Tomás Barrera	P.T. Geología Aplicada a Yacimientos Minerales. 1 grupo. 3hrs. sem.
Ing. Tomás Barrera	P.T. Geología Aplicada a Yacimientos Petrolíferos. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Carlos Luca	P.T. Plantas Hidroeléctircas. 1 grupo. 3 hrs.
Ing. Carlos Luca	P.T. Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Manuel Salazar y Arce	P.P. Finanzas, Presupuestos y Contabilidad Industrial. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Guillermo A. Keller	P.T. Ingeniería Mecánica de Ferrocarriles. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Agustín M. Valdés	P.P. Conocimiento y Fabricación de Materiales. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Vicente Guerrero y Gama	P.P. Ejercicio de Complementos de Álgebra. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Miguel Ángel Rivera	P.P. Ejercicio de Complementos de Álgebra. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Antonio Romero Juárez	P.P. Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Fernando González	P.P. Metalurgia del Fierro y del Acero. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Dr. Ciencias Valentín Gama	P.T. Topología e Hidrografía. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Alfonso de la O	P.P. Hidromensura. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Ing. Andrés Villafaña	P.T. Problemas de Explotación de Minas y de Instal. Mineras y Metalúrgicas. 1 grupo. 3 hrs. sem.
Prof. Miguel López	P.P. Forja, Ajuste y Fundición. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Prof. Efrén Fierro	P.T. Física, Acústica, Óptica, Calor y Termodinámica. 2 grupos. 4 hrs. sem.
Ing. Juan Salvador Agraz	P.T. Química Inorgánica y Análisis Cualitativo. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Juan Salvador Agraz	P.T. Análisis Cuantitativo y Ensaye. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Wenceslao Quintana	P.T. Máquinas Útiles. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Dr. Ciencias Joaquín Gallo	P.T. Astronomía y Prácticas. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Ricardo Toscano	P.T. Complementos de Topografia y su Práctica. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Isidro Orozco Portugal	P.T. Óptica Geométrica, Fotogrametría y sus Prácticas. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Mariano Hernández B.	P.T. Cinemática y Mecanismos y Dinámica. 2 grupos. 4 hrs. sem.
Ing. Alfonso Fernández Varela	P.T. Procedimientos Generales de Construcción. 1 grupo. 4 hrs. sem.

Anexo II (*continuación*)

Prof. Rafael Azuela	P.T. Procedimientos Generales de Construcción. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Tomás Barrera	P.T. Laboratorio de Yacimientos Minerales y de Petróleo. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Guillermo Terrés	P.T. Máquinas de Combustión Interna. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Igncio Avilés	P.T. Plantas de Vapor y Laboratorio. 1 grupo. 4 hrs. sem.
Ing. Eduardo R. Moya	P.T. Tecnología para Mecánico-Eléctrico. 1 grupo. 5 hrs. sem.
Ing. Eduardo R. Moya	P.T. Instalaciones Industriales, Mecánicas y Proyectos. 1 grupo. 5 hrs. sem.
Ing. Enrique Ortiz L.	P.T. 1er. curso de Preparación Mecánica para los Minerales. 1 grupo. 5 hrs. sem.
Ing. Enrique Ortiz L.	P.T. 2° curso de Preparación Mecánica para los Minerales. 1 grupo. 5 hrs. sem.
Ing. Guillermo A. Keller	P.T. Laboratorio de Máquinas Eléctricas. 1 grupo. 5 hrs. sem.
Ing. José Colomo	P.T. 2° curso Explotación del Petróleo. 1 grupo. 5 hrs. sem.
Ing. Ramón Domínguez	P.T. Destilación, Refinación y Proyectos de Plantas Refinadoras. 1 grupo. 5 hrs. sem.
Ing. Eduardo D. Luque	P.T. Instalaciones Industriales Eléctricas y Proyectos. 1 grupo. 5 hrs. sem.
Ing. Jorge Graf	Preparador. Talleres y Laboratorios Electricidad
Ing. Mateo Rojas Zúñiga	Preparador. Gabinete Topografia
Ing. Laura Cuevas	Preparador. Ensaye de Materiales.
Quím. Juan Vasavilbaso	Preparador. Química.
Quím. María de Jesús Valadés	Preparador. Química.
C. Lucio Vallejo	Preparador. N/e
C. Aurelio Torres	Preparador. Prácticas Topografía.
C. Primitivo Ayala	Preparador. Concreto
C. Alberto Terrones Langoné	Preparador. Geología.
C. Gabriel Castellanos Arjona	Preparador. Mineralogía

Anexo III. Fragmentos del texto del ingeniero Rodolfo Ortega, "Las construcciones que lleva a cabo el gobierno de México"[1]

[...] Una de las actividades constructivas que mayor atención ha recibido de parte del Gobierno del Presidente Cárdenas, es la relacionada a aumentar la superficie regable en el país [...]. Se han construi-

1 *RMIA*, vol. XVIII, núm. 1, 24 de enero, 1940, pp. 43-46.

do, incluyendo la obra de gobiernos pasados, diecisiete Distritos de Riego que están siendo explotados con éxito y se seguirán formando otros más [...]. Existen en estos Distritos, once presas de almacenamiento que pueden recibir seis millones de metros cúbicos de agua, once presas importantes de derivación, y las redes de canales principales y secundarios indispensables para regar ciento ochenta mil hectáreas de tierra, que benefician a dieciocho mil campesinos.

Al finalizar el año 1938 estaban terminadas la Presa Rodríguez en la Baja California; la Presa de Santa Rosa en Zacatecas; las obras del Rodeo y Tetelcingo, en Morelos; las obras de Tetztitlán, Panales y Orizabita, en Hidalgo; la Presa de San Juan Teotihuacan en el Estado de México; la desecación de la Ciénega Norte de Queréndaro, en Michoacán; la Presa de Guadalupe Victoria, en Coahuila; las obras de Palmar de Bravo y Tetela de Ocampo, en Puebla; las obras de El Sitio, en Querétaro, y en materia de obras para la generación de energía eléctrica la Planta de Salinillas, en el Distrito de Riego de Don Martín, en Coahuila y Nuevo León.

Con la misma intensidad se están ejecutando otras muchas obras, en las que fincan sus esperanzas los núcleos de campesinos de diversas regiones del país, figurando entre éstas las de La Angostura, en Sonora; El Palmito, en la Comarca Lagunera, y El Azúcar, en Tamaulipas, siendo probable que en el curso del año se terminen: la presa de derivación de Las Pilas, en Tehuantepec; las obras de Cardel, en Veracruz; la Presa de Terecuato, en Michoacán y las de San Pedro y Ojocaliente, en el Distrito de Riego de Delicias, Chihuahua; la Presa de Coinzio, en Michoacán; la Álvaro Obregón, en San Luis Potosí y las obras destinadas a la desecación de la Laguna de Metztitlán, Hidalgo.

También se están realizando estudios de obras de pequeña irrigación y exploraciones en veintidós Estados de la República. Esta obra ha traído la transformación lograda de 350 000 hectáreas de tierras áridas en campos de cultivo; la perspectiva de que, al terminarse todas las obras cuya ejecución está adelantada o que está por iniciarse, podrá quedar bajo riego una extensión de un millón de hectáreas; la incorporación a la vida nacional de varias tribus indígenas de diversas regiones del país, como los Yaquis de

Sonora, que están colaborando en la ejecución de las obras de La Angostura [...].

Hoy en día están abiertos al tráfico los siguientes caminos nacionales: el camino México-Laredo de 1225 kilómetros de longitud, transitable todo el año y petrolizado en su mayor longitud. El camino México-Acapulco, con una longitud de 454 kilómetros y tránsito asegurado en cualquier época del año [...]. También está terminado el tramo México-Puebla, de la carretera Nogales-Suchiate.

[...]. Para fines del presente año, quedará abierto al tránsito el camino México-Guadalajara, otro tramo del camino Nogales-Suchiate, de una longitud de 681 kilómetros, el que pasará por Toluca, Morelia, Guadalajara [...]. Además quedarán terminados 4 900 kilómetros de caminos que el Gobierno Federal está construyendo en colaboración con los Gobiernos de los Estados que forman la República Mexicana [...].

Las vías férreas que se están construyendo son las siguientes: la del Ferrocarril del Sureste, que parte de Puerto México, Veracruz, en donde entronca con el ferrocarril que une el citado Puerto con el de Salina Cruz, Oaxaca, y que continuará por regiones de los Estados de Veracruz, Chiapas, y Tabasco para terminar en la Capital del Estado de Campeche, lugar en el que hará conexión con los Ferrocarriles Unidos de Yucatán, dando una longitud de 770 kilómetros. La del ferrocarril Ixcaquixtla-Chacachua, que parte de la población en Puebla y termina en Oaxaca, con una extensión de 310 kilómetros. La vía del ferrocarril que partirá de Calzontzin, del ferrocarril México-Uruapan y terminará en el Puerto de Zihuatanejo, con una longitud total de 325 kilómetros. La del ferrocarril Fuentes Brotantes-Punta Peñasco, que partirá de la estación Terminal del Ferrocarril Inter-California del Sur, en el Estado de Sonora, pasando por El Doctor, El Álamo, la Salina y Punta Peñasco, para terminar en la estación de Santa Ana del Ferrocarril Sud-Pacífico de México, con una longitud total de 540 kilómetros.

Anexo IV. Fragmentos del texto del ingeniero Francisco Gómez Pérez, "La ingeniería civil en México"[1]

Por su valor concentrado, por la inversión que han significado, y por el ímpetu que han dado a la ingeniería civil en México, destacan en primer término las obras de irrigación que han sido ejecutadas en todas las regiones del país. Se les puede considerar divididas en las de: Grande Irrigación y las de Pequeña Irrigación. Las primeras han implicado el concepto de solucionar, para regiones considerables, el problema del abastecimiento de agua para las tierras, y han requerido por tanto del control de los más grandes ríos del país, y traído aparejados problemas de colonización de distribución de tierras y un sinnúmero de otras que no son propiamente de ingeniería, pero las estructuras básicas, las grandes presas, han sido grandes problemas de ingeniería. En su primera etapa el órgano gubernamental correspondiente, o sea, la Comisión Nacional de Irrigación, ejecutó principalmente las presas denominadas originalmente Calles y Don Martín, que se destacaron entre sus primeras realizaciones; la primera es un gran arco de concreto y la segunda es un dique con un vertedor en el que se usaron por vez primera los machones de cabeza redonda. Por las primeras épocas de la irrigación estatal en México, se construyó también la presa Rodríguez, en Baja California, que es una estructura de tipo *Ambursen* de machones y losas de concreto y que tiene finalidades más bien de aprovechamiento de aguas internacionales que de riego de la pequeña zona que domina. Porque también el problema del aprovechamiento de las aguas internacionales, otro de los netamente de ingeniería civil, fue motivo de preocupación de las autoridades técnicas del país, que dieron preferencia al principio al uso en territorio mexicano de las aguas de todos los afluentes de los ríos internacionales. Y todavía en 1936, al iniciarse las tres presas más grandes que hasta entonces se habían intentado en nuestro país: El Azúcar, El Palmito y La Angostura, cuando menos la primera y la tercera, tuvo entre otras finalidades la de aprovechar en territorio mexicano las aguas internacionales.

1 *RMIA*, vol. XXV, núms.10-11 y 12, octubre-dic., 1940, pp. 211-231.

Esas tres presas representaron una etapa decisiva de la vida de la Comisión Nacional de Irrigación. La de El Azúcar, largísimo dique de cerca de seis kilómetros, aunque de altura relativamente no tan grande, unos 42 metros en su parte máxima, dio fomento considerable a los estudios de mecánica de suelos y fue casi el motivo decisivo para la formación de un laboratorio de hidráulica, por la importancia tan considerable que su vertedor implicaba para poder dar paso con seguridad a las crecientes del río San Juan. La presa de La Angostura, con su arco de concreto de más de treinta metros en la base y de más de ochenta metros de altura apoyado en formaciones de roca no del todo satisfactorias, requirió estudios detallados de estabilidad, que pudiéramos llamar superior, para determinar las secciones más adecuadas a cada altura; su vertedor también fue objeto de estudios especiales en el laboratorio hidráulico, puesto que daba paso a las crecientes por un canal curvo. La presa El Palmito, para controlar el caudaloso y caprichoso río Nazas, también implicó estudios especiales de mecánica de suelos, para su cortina de tierra apisonada, y de laboratorio hidráulico para sus válvulas compuertas y vertedor. Y naturalmente no sólo los problemas esenciales técnicos, como los de estudios y proyectos; estudios de las cuencas, de las condiciones hidrológicas, de las condiciones geológicas, de la operación de la distribución y proyecto de la estructura y sus innumerables detalles [...].

Y no sólo esas tres grandes obras aceleraron las actividades de irrigación en México, sino otras nuevas tales como la del Valsequillo, con un importantísimo canal de más de treinta kilómetros para ligar las obras de captación con las de distribución, y un sinnúmero de otras de menor grandiosidad pero que aún quedan comprendidas dentro del grupo de las grandes obras de irrigación que han surgido en Michoacán, Sinaloa, Guanajuato, Jalisco, Zacatecas en Nuevo León y otros estados [...].

Otras obras que se han ejecutado en todos los estados y territorios de la República, las obras de pequeña irrigación, que consisten en galerías de filtración, en pozos, en pequeñas presas, y en los correspondientes canales y zanjas de riego.

Las actividades de construcción de caminos, aún cuando quizá menos aparatosas, son también de una importancia considerable, pues en los últimos veinte años, de unas cuantas carreteras de pocos kilómetros que radiaban la capital, se ha pasado a una red de caminos que abarcan la casi totalidad de la República. […] Los puentes de grandes armaduras, proyectados ya en México y construidos con materiales mexicanos, tanto en la Nuevo Laredo como en la de Acapulco, para citar sólo las más conocidas, muestran el progreso alcanzado en tal actividad.

La edificación ha sido también fuente de trabajo y actividad para los ingenieros civiles […] como en los programas estatales de construcción de escuelas y hospitales, o bien trabajando los ingenieros como contratistas, directamente como particulares, en la erección de edificios industriales, o en la construcción de grandes edificios en la Ciudad de México, para oficinas y apartamentos, en los cuales los nuevos sistemas de cimentación, con pilotes, por flotación o por otros sistemas ha permitido lo que antes se consideró imposible, o sea la erección de edificios de más de diez pisos, que en nuestro medio podríamos llamar rascacielos, y ello se ha logrado con estructuras tanto de fierro como de concreto, en las cuales los diseñadores mexicanos han aplicado los métodos más modernos de distribución de momentos, y de análisis de los esfuerzos causados por temblores, y los constructores mexicanos han ideado juntas especiales para colocar entre los tramos de pilote, o métodos para hacer económico y rápido el sistema de cimbrar las losas de concreto, combinándolo con el sistema de descimbrar. La construcción de edificios se ha mecanizado, y los contratistas particulares han adoptado el empleo de revolvedoras mecánicas de concreto de capacidad considerable.

[...] Podemos decir que la ingeniería mexicana ha llegado a una edad madura en la cual, para los problemas que tiene ante sí, va bastándose a sí misma, y colaborando para una mayor prosperidad nacional.

Siglas

AAIAM	*Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*
AGN	Archivo General de la Nación-México
AHPM	Archivo Histórico del Palacio de Minería
AHUNAM	Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México
AIEE	American Institute of Electrical Engineers
APEC	Archivos Plutarco Elías Calles
BE	*Boletín de Educación*
BI	*Boletín de Ingenieros*
BIM	*Boletín de Ingenieros Militares*
BIP	*Boletín de Instrucción Pública*
BSCOP	*Boletín de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas*
BSG	*Boletín de la Secretaría de Gobernación*
BU	*Boletín de la Universidad*
BUNM	*Boletín de la Universidad Nacional de México*
FCE	Fondo de Cultura Económica
SEMIP	Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INEHRM	Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana
PRI-IEPES	Partido Revolucionario Institucional-Instituto de Estudios Políticos, Económicos y Sociales
NAFINSA	Nacional Financiera
RMIA	*Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*
SPP	Secretaría de Programación y Presupuesto

Fuentes primarias

Colecciones Documentales

Archivo General de la Nación-México (AGN)
Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México (AHUNAM)
Archivo Histórico del Palacio de Minería (AHPM)
Fideicomiso Archivos Plutarco Elías Calles-Fernando Torreblanca (APEC)

Hemerografía

Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, México, Secretaría de Fomento, tomos III, 1892-XIII, 1905.

Anales de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, México, Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, vol. I, 1902.

Arte y la Ciencia, El, México, vols. I, 1899-III, 1901.

Boletín del American Institute of Electrical Engineers. Sección de México, México, vol. III, 1926.

Boletín de Educación, México, Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, tomo I, 1915-1916.

Boletín de Ingenieros, México, Secretaría de Guerra y Marina, tomo I, 1910.

Boletín de Instrucción Pública, México, Secretaría de Instrucción Pública, tomos I, 1903-XIX, 1912.

Boletín de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, México, Talleres Gráficos de la Nación, tomo II, 1922.

Boletín de la Secretaría de Gobernación, México, Secretaría de Gobernación, vol. I, 1922.

Boletín de la Universidad, México, Departamento Universitario y de Bellas Artes, tomos I, 1917-II, 1921.

Boletín de la Universidad Nacional de México, Publicaciones de la SEP, tomos I, 1922-IV, 1928.

Boletín de Ingenieros Militares, México, Asociación de Ingenieros Militares, núms. 1, mayo, 1932-8, agosto, 1933.

Cemento, México, Comité para Propagar el Uso del Cemento Portland, 1925-1931.

Correo Español, El, 1908.

Demócrata, El, 1916.

Diario Oficial, 1888-1927.

Edificación, México, SEP/Escuela Superior de Construcción, años I, 1934-VII, 1938.

Excélsior, México, 1918-1935.

Federalista, El, 1875.

Hombre, El, 1922.

Informador, El, 1920-1926.

Ingeniería, México, Facultad Nacional de Ingenieros, vols. I, 1927-XIV, 1940.

Irrigación en México, México, Comisión Nacional de Irrigación, vols. 1, 1930-27, 1940 (DVD: edición digitalizada por el Archivo Histórico del Agua, el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, la Comisión Nacional del Agua y el Colegio de Michoacán, 2004).

Nacional, El, 1900.

Popular, EL, 1903.

Porvenir, El, 1924-1925.

Pueblo, El, 1918-1919.

Revista de Ingeniería, México, Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, vols. I, 1937-III, 1939.

Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura, México, Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, vols. I, 1923-XXV, 1940.

Tolteca, México, Compañía de Cemento Portland, 1929-1932.

Universal, El, México, 1918-1936.

Universidad de México, México, Universidad Nacional de México, tomo I, 1930.

Bibliografía

Álvarez, Manuel, *Recuerdo histórico de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos en el aniversario de su fundación*, México, s.e., 1918.

_____, *El Dr. Cavallari y la carrera de ingeniero civil en México*, México, A. Carranza, 1906.

Bulnes, Francisco, *El verdadero Díaz y la Revolución*, México, Eusebio Gómez de la Puente, 1920.

Cerecedo Estrada, Daniel, *Bosquejo del programa revolucionario que deberá desarrollar el gobierno preconstitucional,* México, s.e., 1914.

Cincuenta discursos doctrinales en el Congreso Constituyente de la Revolución Mexicana 1916-1917, presentación de Raúl Noriega, México, INEHRM, 1967.

Comisión Nacional de Caminos, *Trabajos presentados al Segundo Congreso Nacional de Caminos 1928,* México, Empresa Editorial de Ingeniería y Arquitectura, 1928.

_____, *Memorias del Tercer Congreso Nacional de Caminos y de la Segunda Exposición de Maquinaria y Automóviles,* México, Empresa Editorial de Ingeniería y Arquitectura, 1930.

_____, *Anuario 1931*, México, Empresa Editorial de Ingeniería y Arquitectura, 1931.

Díaz Covarrubias, José, *La instrucción pública en México: estado que guarda la instrucción primaria, la secundaria y la profesional en la República,* México, Imprenta del Gobierno en Palacio, 1875.

Dariés, Georges, *Mathématique,* Paris, Vve. Ch. Dunod y P. Vicq, 1896.

Gayol, Roberto, *Proyecto de Desagüe y Saneamiento para la Ciudad de México que por orden del Ayuntamiento formó el Ingeniero Roberto Gayol*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1892.

Ibarrola, José Ramón de, *Apuntes sobre el desarrollo de la ingeniería en México y la educación de ingeniero,* México, Tipografía de la Viuda de F. Díaz de León, 1911.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Estadísticas históricas de México,* tomo I, México, 1994.

Junta Central de Caminos del Estado de Oaxaca, *Carreteras, monumentos, industrias y folklore,* México, Imprenta del Gobierno del Estado, 1928 (contribución de Oaxaca al II Congreso Nacional de Caminos).

Molina Enríquez, Andrés, *Los grandes problemas nacionales*, pról. Arnaldo Córdova, México, ERA, 1979.

Pani, Alberto, J., *Alocución de bienvenida a los delegados al Primer Congreso Nacional de Industriales*, México, s.e, 1917.

Téllez Pizarro, Adrián, *Apuntes acerca de los cimientos de los edificios de la ciudad de México*, México, Imprenta del Gobierno Federal en el Ex Arzobispado, 1900.

Torres Torija, Manuel, *El cemento armado*, México, Universidad Nacional, 1913.

Sonnet H. y G. Frontera. *Éléments de Géométrie Analytique. Rédigés conformément au programme d'admission á l'Ecole polytechnique et á l'Ecole normale supérieure,* Paris, Librairie Hachette et Cie, 1904.

Fuentes secundarias

Arce Gurza, Francisco, Mílada Bazant, Anne Staples, Dorothy Tanck y Josefina Zoraida Vázquez, *Historia de las profesiones en México*, México, El Colegio de México, 1982.

Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, México, Libros de México, 1972.

Ayala Espino, José, "La formación de la economía mixta mexicana. 1920-1982", en Fidel Aroche Reyes *et al.*, *Modernización, industrialización y economía mixta en el periodo 1940-1954*, México, FCE/SEMIP, 1988.

Ávila Espinosa, Felipe Arturo, *El pensamiento económico, político y social de la Convención de Aguascalientes,* México, INEHRM/Instituto Cultural de Aguascalientes, 1991.

Baptista González, David y Juan José Saldaña, "La participación política y reivindicación gremial del Centro de Ingenieros de México ante la construcción del Estado mexicano en los años veinte", en Federico Lazarín Miranda (ed.), *Memorias del Primer Coloquio Latinoamericano de Historia y Estudios Sociales sobre la Ciencia y la Tecnología*, México, SMHCT, 2007, pp. 1221-1230 (CD-ROM).

Bazant, Mílada, "La enseñanza y la práctica de la Ingeniería durante el porfiriato", en Josefina Zoraida Vázquez (ed.), *La educación en la historia de México*, México, El Colegio de México, 1992, pp. 167-210.

Benevolo, Leonardo, *Historia de la arquitectura moderna,* trad. Mariuccia Galfetti, Juan Díaz de Atauri, Joan Giner y Anna María Pujol, Barcelona, Gustavo Gili, 1987.

Bourdieu, Pierre, *Campo del poder y campo intelectual,* trad. Jorge Dotti, Buenos Aires, Folios, 1983.

Boix, Emilio, *Los cementos Portland en la Argentina*, Madrid, s.e., 1918.

Calderón de la Barca, Madame (Frances Erskine Inglis), *La vida en México durante una residencia de dos años en ese país*, México, Porrúa, 1990.

Castañeda Crisoles, Reyes Édgar, "Enseñanza y práctica de la ingeniería en el Estado de México, 1870-1910", tesis de maestría en Historia, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 2004.

Ceceña Cervantes, José Luis, *La planificación económica nacional en los países atrasados de orientación capitalista. El caso de México,* México, UNAM, 1982.

Cleaves, Peter S., *Las profesiones y el Estado: el caso de México,* México, El Colegio de México, 1985.

Collado Herrera, María del Carmen, *Empresarios y políticos. Entre la Restauración y la Revolución 1920-1924,* México, INEHRM, 1996.

Colegio de Ingenieros Civiles de México, *La ingeniería civil mexicana. Un encuentro con la historia,* México, Colegio de Ingenieros Civiles, 1996.

Connolly, Priscila, *El contratista de don Porfirio: obras públicas, deuda y desarrollo desigual*, México, FCE/Universidad Metropolitana-Azcapotzalco/Colegio de Michoacán, 1997.

Cuevas Toraya, Juan de las, *Un siglo de cemento en Latinoamérica,* México, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999.

De Gortari, Eli, *La ciencia en la historia de México,* México, Grijalbo, 1980.

De Gortari Rabiela, Rebeca, "Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la Revolución mexicana", *Revista Mexicana de Sociología*, vol. XLIX, núm. 3, México, UNAM, 1987, pp. 123-141.

Derry, T. K. y Trevor I. Wiliams, *Historia de la tecnología*, trad. Carlos Caranci *et al.* México, Siglo XXI, 1980.

Díaz-Barriga, Ángel y Teresa Pacheco Méndez (coords.). *La profesión. Su condición social e institucional,* México, UNAM, 2002.

Domínguez Martínez, Raúl, *Historia de la física nuclear en México, 1933-1963*, México, UNAM, 2000.

Elías Calles, Plutarco, *Pensamiento político y social. Antología (1913-1936),* prólogo, selección y notas de Carlos Macías, México, FCE/INEHRM/Fideicomiso Archivos Plutarco Elías Calles-Fernando Torreblanca, 1988.

Ewing, W. W. *Construction materials and machinery in Argentina and Bolivia*, Government Printing Office, 1920.

_____, *Construction materials and machinery in Brazil,* Washington, Government Printing Office, 1920.

Garciadiego Dantán, Javier, *Rudos contra científicos: la Universidad Nacional durante la Revolución Mexicana,* México, El Colegio de México/UNAM, 1996.

Gómez Galvarriato, Aurora, *Industrialización, empresas y trabajadores industriales del Porfiriato a la Revolución: la nueva historiografía,* México, CIDE (Documentos de Trabajo del CIDE, 245).

_____, "El desempeño de la Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey durante el porfiriato. Acerca de los obstáculos a la industrialización en México", en Carlos Marichal y Mario Cerutti (comps.), *Historia de las grandes empresas en México, 1850-1930*, México, Universidad Autónoma de Nuevo León/FCE, 1997.

González Caballero, Manuel, *La Fundidora en el tiempo. 1900-1986,* México, Gobierno del Estado de Nuevo León, 1989.

González de Cosío, Francisco, *Historia de las obras públicas en México*, advertencia preliminar de Luis E. Bracamontes, México, Secretaría de Obras Públicas, 1971.

Habermas, Jürgen, *Ciencia y técnica como "ideología"*, trad. Manuel Jiménez y Manuel Garrido, Madrid, Tecnos, 1986.

Herrera y Lasso, José, *Apuntes sobre irrigación: notas sobre su organización económica en el extranjero y en el país,* México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1994.

Herrera Sánchez, G., "La ingeniería en tiempos de la Revolución", en Sociedad de Ex Alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM/Instituto de Investigaciones Históricas-UNAM, *Ingenieros en la Independencia y la Revolución*, México, UNAM, 1987.

Katz, Friedrich, *De Díaz a Madero,* México, ERA, 2004.

Katzman, Israel, *La arquitectura mexicana del siglo XIX,* México, UNAM, 1979.

Knight, Alan, *The Mexican Revolution (vol. 1). Porfirians, liberals and peasans,* Lincoln University of Nebraska Press, 1986.

_____, *The mexican revolution* (vol. 2), *Counter-revolution and Reconstruction,* Lincoln University of Nebraska Press, 1986.

Krauze, Enrique, *Porfirio Díaz, místico de la autoridad,* México, FCE, 1987.

_____, Jean Meyer y Cayetano Reyes, *Historia de la Revolución Mexicana 1924-1928. La reconstrucción económica*, México, El Colegio de México, 1977.

Kranzberg, Melvin y Carrol W. Pursell Jr. (eds.), *Historia de la tecnología*, trad. Esteve Riambau i Sauri, Barcelona, Gustavo Gili, 1981.

Khun, Thomas S., *La estructura de las revoluciones científicas*, trad. Agustín Contín, México, FCE, 1971.

Kuntz, Sandra y Priscilla Connolly (coords.), *Ferrocarriles y obras públicas,* México, Instituto Mora, 1999.

León López, Enrique G., *La ingeniería en México,* México, Secretaría de Educación Pública, 1974 (SEP-Setentas, 134).

Marx, Carlos, *El capital: crítica de la economía política*, trad. Wenceslao Roces, Bogotá, FCE, 1976.

Medina Peña, Luis, *Invención del sistema político mexicano. Forma de gobierno y gobernabilidad en México en el siglo XIX,* México, FCE, 2004.

_____, *Hacia el nuevo Estado: México, 1920-1994*, México, FCE, 1995.

_____, *Civilismo y modernización del autoritarismo. 1940-1945,* México, El Colegio de México, 1979.

Meyer, Jean, *Estado y sociedad con Calles*, México, El Colegio de México, 1981 (Historia de la Revolución Mexicana, 11).

_____, *La Revolución Mexicana. 1910-1940,* trad. Héctor Pérez-Rincón, pról. Luis González, México, Jus, 1991.

Montoya Rivero, María Cristina *et al., La ingeniería civil mexicana: un encuentro con la historia,* México, Colegio de Ingenieros Civiles, 1996.

Moreno, Roberto, "Ciencia y Revolución Mexicana", en *Ensayos de Historia de la Ciencia y la Tecnología,* México, UNAM, 1986.

Nacional Financiera, *La política industrial en el desarrollo económico de México*, México, NAFINSA / Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 1971.

_____, *La economía mexicana en cifras*, México, NAFINSA, 1990.

Oñate Villarreal, Abdiel, *Razones de Estado. Estudios sobre la formación del Estado mexicano moderno, 1900-1934,* México, Plaza y Valdés, 2006.

_____, "Banca y agricultura en México: la Caja de Préstamos para obras de irrigación y fomento a la agricultura, 1908-1926", tesis de doctorado en Historia, México, El Colegio de México, 1984.

Ortega González, Arturo, *Evolución tecnológica del concreto y la arquitectura contemporánea,* México, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999.

Pérez Martínez, Alejandra, "Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México", tesis de licenciatura en Historia, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 2002.

Pérez-Rayón Elizundia Nora, "México 1900: la modernidad en el cambio de siglo. La mitificación de la ciencia", *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México,* vol. 18, 1998, pp. 41-62.

Perló Cohen, Manuel, *El paradigma porfiriano. Historia del desagüe del Valle de México,* México, Miguel Ángel Porrúa/UNAM, 1999.

Partido Revolucionario Institucional, *Las obras públicas en México*. 2. México, PRI, 1975.

Portes Gil, Emilio, *Quince años de política mexicana*, México, Botas, 1941.

Reynolds, Terry S., *The engineer in America: a historical anthology from technology and culture,* Chigago, University of Chicago Press, 1991.

Rosenblueth, Emilio, *Una reflexión sobre los logros y avances de las ciencias de ingeniería en México. México: Ciencia y Tecnología en el umbral,* México, CONACYT/Porrúa, 1991.

Sagasti, Francisco R. y Alberto Araoz (comps.), *La planificación científica y tecnológica en los países en desarrollo. La experiencia del proyecto STPI,* México, FCE, 1988.

Sagasti, Francisco R. y A. Pavez, "Ciencia y tecnología en América Latina a principios del siglo XX", *Quipu,* núm. 6, 1989, pp. 189-216.

Saldaña, Juan José, "La ciencia en el cajón. Un tema para la sociopolítica de la ciencia en América Latina", en Federico Lazarín Miranda (ed.), *Memorias del Primer Coloquio Latinoamericano de Historia y Estudios Sociales sobre la Ciencia y la Tecnología*, México, SMHCT, 2007, pp. I-XXV (CD-ROM).

_____ (coord.). *La Casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas,* México, UNAM, 2005.

_____, *Historia social de las ciencias en América Latina,* México, UNAM/Miguel Ángel Porrúa, 1996.

_____ (ed.), *Los orígenes de la ciencia nacional*, México, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología/UNAM, 1992 (Cuadernos de *Quipu*, 4).

Sánchez Flores, Ramón, *Historia de la tecnología y la invención en México,* México, Fondo Cultural Banamex, 1980.

Secretaría de Obras Públicas, *Documentos para la historia de las carreteras en México. 1925-1963, vol. I Legislación,* México, SOP, 1964.

_____, *Documentos para la historia de las carreteras en México. 1925-1963, vol. II, Inversión y financiamiento,* México, SOP, 1964.

_____, *Documentos para la historia de las carreteras en México. 1925-1963, vol. III, Inversión y financiamiento,* México, SOP. 1964.

_____, *México a través de los informes presidenciales, 11. La educación pública*, México, Secretaría de la Presidencia, 1976.

Secretaría de la Presidencia, *México a través de los informes presidenciales, 4. La hacienda pública*, México, Secretaría de la Presidencia, 1976.

_____, *México a través de los informes presidenciales, 5, La administración pública,* México, Secretaría de la Presidencia, 1976.

_____, *México a través de los informes presidenciales, 8. Las comunicaciones,* México, Secretaría de la Presidencia, 1976.

_____, *México a través de los informes presidenciales, 9. La obra pública,* México, Secretaría de la Presidencia, 1976.

_____, *México a través de los informes presidenciales, 10. La obra hidráulica,* México, Secretaría de la Presidencia, 1976.

_____, *México a través de los informes presidenciales, 11. La educación pública,* México, Secretaría de la Presidencia, 1976.

Secretaría de Programación y Presupuesto, *Antología de la planeación en México 1917-1985,* México, SPP/FCE, 1985.

Sfez, Lucien, *Técnica e ideología: un juego de poder*, trad. Marcos Mayer y Silvio Kor, México, siglo XXI, 2005.

Silva Herzog, Jesús, *Breve historia de la Revolución Mexicana: los antecedentes y la etapa maderista*, México, FCE, 1960.

_____, *El pensamiento económico, social y político mexicano, 1810-1964*, México, FCE, 1974.

Solís, Leopoldo, *La realidad económica mexicana: retrovisión y perspectivas*, México, FCE/Siglo XXI, 1980.

Torre, Federico de la, *La ingeniería en Jalisco en el siglo XIX. Génesis y desarrollo de una profesión*, México, Universidad de Guadalajara/ Centro de Enseñanza Técnica Industrial, 2000.

Tovar, Alonso "Historia de la ingeniería civil en México", en Juan José Saldaña y Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología (SMHCT), *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología*, México, SMHCT, 1989, pp. 486-493.

Valadés, José C., *El Porfirismo. Historia de un régimen. El nacimiento 1876-1884,* México, UNAM, 1977.

Valdés Ugalde, Francisco, *Autonomía y legitimidad. Los empresarios, la política y el Estado en México,* México, Siglo XXI, 1997.

Vázquez Guerra, Pedro, *Crónica de la ingeniería civil en Jalisco*, Guadalajara, Colegio de Ingenieros Civiles del Estado de Jalisco AC, 1985.

Westen, Richard A. (comp.) *U. S. - Mexican Treaties. 02 feb. 1848-07 dec. 1944,* New York, William S. Hein, 1996.

Wilkie, James W., *La Revolución Mexicana. Gasto federal y cambio social*, trad. Jorge E. Monzón, México, FCE, 1978.

_____ y Edna Monzón, *México visto en el siglo XX. Entrevistas de historia oral*, México, Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, 1969.

Zea, Leopoldo. *El positivismo en México. Nacimiento, apogeo y decadencia*, México, FCE, 1968.